
Bachelorarbeit

Frau
Johanna Dehnel

**Überprüfung und Bewertung
der aktuell angewandten
Reinigungsvorgaben bezogen
auf deren Häufigkeit und
vorgegebenen Umfang aus
mikrobieller Sicht**

Mittweida, 2012

Bachelorarbeit

Überprüfung und Bewertung der aktuell angewandten Reinigungsvorgaben bezogen auf deren Häufigkeit und vorgegebenen Umfang aus mikrobieller Sicht

Autor:
Frau

Johanna Dehnel

Studiengang:
Biotechnologie/Bioinformatik

Seminargruppe:
BI09w1-B

Erstprüfer:
Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. Rene Kretschmer

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Heinrich Huth

Einreichung:
Mittweida, 17.August 2012

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2012

Bibliographische Beschreibung:

Dehnel, Johanna: *Überprüfung und Bewertung der aktuell angewandten Reinigungsvorgaben bezogen auf deren Häufigkeit und deren vorgegebenen Umfang aus mikrobieller Sicht.* – 2012 – Seitenanzahl: 79, Hochschule Mittweida, Fakultät Mathematik/Naturwissenschaften/Informatik, Bachelorarbeit, 2012

Englischer Titel

Review and evaluation of currently used cleaning requirements related to the frequency and predetermined extent from a microbiological point of view

Kurzbeschreibung:

Aufgrund der Zusammensetzung des Speiseeises bietet dieses Mikroorganismen einen geeigneten Nährboden zum Leben und zur Vermehrung. Daher müssen Reinigungs- und Desinfektionsvorgänge bei der Herstellung der Produkte strengstens überwacht und auch unter ökonomischen Aspekten betrachtet werden. Fragen des Umfangs einer Reinigung sowie deren Häufigkeit gilt es dabei ebenfalls zu klären und zu optimieren. Darüber hinaus muss ferner die Einhaltung vorhandener Gesetze berücksichtigt werden. Diese Arbeit widmet sich der Untersuchung des Umfangs der aktuell angewandten Reinigungsvorgaben aus mikrobieller Sicht heraus.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die mich während der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Besonders bei meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglichten und mir immer liebevoll, helfend und geduldig zur Seite standen, möchte ich mich bedanken.

Ich bedanke mich bei Herrn Dipl. Ing. Heinrich Huth für die kompetente Beratung und die Anregungen während der gesamten Erstellung dieser Arbeit, sowie bei Herrn Rainer Müller für die stets freundliche und großzügige Unterstützung.

Bei Gabi Block und dem gesamten Laborteam möchte ich mich für die labortechnische Hilfeleistung bedanken.

Ich danke allen Mitarbeitern der Qualitätssicherung sowie der Produktion für die Gewährleistung des hervorragenden Arbeitsklimas.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) René Kretschmer für die Überlassung des Themas und der fortwährend freundlichen und hilfreichen Unterstützung.

Bei den anderen Praktikanten und Trainees möchte ich mich für die abwechslungsreichen Momente außerhalb der Arbeitszeit bedanken.

Besonderer Dank gilt auch meinen Freunden und Verwandten, die mir besonders in den vergangenen Wochen mit ihrem Verständnis und ihrer Hilfe begegnet sind.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Inhaltsverzeichnis..... | I |
| Abbildungsverzeichnis..... | III |
| Tabellenverzeichnis | IV |
| Abkürzungsverzeichnis..... | V |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 2 Grundlagen..... | 3 |
| 2.1 Speiseeisherstellung | 3 |
| 2.1.1 Materialfluss | 3 |
| 2.1.2 Pasteurisation | 4 |
| 2.1.3 Homogenisierung | 7 |
| 2.1.4 Gefrierprozess | 8 |
| 2.1.5 Abfüllmaschinen | 9 |
| 2.2 Speiseeiszusammensetzung | 10 |
| 2.2.1 Speiseeissorten | 10 |
| 2.2.2 Inhaltsstoffe des Speiseeis | 11 |
| 2.3 Lebensmittelmikrobiologie..... | 12 |
| 2.3.1 Relevante Mikroorganismen..... | 12 |
| 2.3.2 Mikrobiologische Kriterien..... | 15 |
| 2.3.3 Wachstumsbeeinflussende Faktoren..... | 17 |
| 2.4 Reinigung..... | 20 |
| 2.4.1 Definition..... | 20 |
| 2.4.2 Wirkung der Reinigungsmittel | 21 |
| 2.4.3 Reinigungsprozess beeinflussende Faktoren | 22 |
| 2.4.4 Anforderungen an Wasser..... | 25 |
| 2.4.5 Reinigungsmethoden..... | 26 |
| 2.4.6 Reinigungsabläufe im Werk Heppenheim..... | 29 |
| 2.4.7 Effektivität der Reinigung | 31 |
| 2.4.8 Ökonomische und umweltliche Aspekte der Reinigung..... | 32 |
| 2.5 Desinfektion..... | 32 |
| 2.5.1 Definition..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.2 Desinfektionsmittel | 33 |
| 2.6 Gesetzliche Regelungen | 35 |
| 2.6.1 Allgemeine Regelungen | 35 |
| 2.6.2 Nationale Gesetzgebung | 37 |
| 3 Material | 38 |
| 3.1 Chemikalien | 38 |
| 3.2 Medien | 38 |
| 3.3 Gerätschaften | 39 |
| 4 Methoden | 40 |
| 4.1 Durchführung der Reinigung | 40 |
| 4.2 Semiquantitatives Tupfverfahren | 41 |
| 5 Ergebnisse | 43 |
| 5.1 Ergebnisse der Reinigung der Füllmundstücke | 43 |
| 5.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Belastung nach Reinigung und | 51 |
| Standzeit | 51 |
| 6 Diskussion | 55 |
| 6.1 Auswertung der Reinigung | 55 |
| 6.2 Bewertung der Methodik | 60 |
| 7 Ausblick | 63 |
| 8 Zusammenfassung | 64 |
| 8 Summary | 66 |
| Literaturverzeichnis | 68 |
| Anhang | 73 |
| Selbstständigkeitserklärung | 79 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Materialfluss | 3 |
| Abbildung 2: Schema Plattenwärmetauscher, Überblick Strömungsführung | 6 |
| Abbildung 3: Erweiterter Sinnersche Kreis | 23 |
| Abbildung 4: Auswirkungen der Effektivität der Reinigung auf die Produktionszeit | 31 |
| Abbildung 5: Lebensmittelhygienerecht in Deutschland..... | 35 |
| Abbildung 6: Füllmundstücke | 40 |
| Abbildung 7: Tupfverfahren | 42 |
| Abbildung 8: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 1 | 44 |
| Abbildung 9: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariaiton 2..... | 46 |
| Abbildung 10: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 3..... | 47 |
| Abbildung 11: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 4..... | 49 |
| Abbildung 12: Darstellung der Ergebnisse (GKZ) der verschiedenen Wasserspülzeiten..... | 50 |
| Abbildung 13: Darstellung der Ergebnisse (GKZ) der verschiedenen CIP- Spülzeiten..... | 51 |
| Abbildung 14: Ergebnisse (GKZ) der mikrobiologischen Belastung nach Wasserspülung und Standzeit | 52 |
| Abbildung 15: Ergebnisse (GKZ) der mikrobiologischen Belastung nach CIP- Spülung und Standzeit | 54 |
| Abbildung 16: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt <i>Hypofoam VF6</i> | 74 |
| Abbildung 17: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt <i>Hypoclean VK38</i> | 75 |
| Abbildung 18: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt <i>P3-horolith CIP</i> | 76 |
| Abbildung 19: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt <i>P3-Paradigm 10</i> | 77 |
| Abbildung 20: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt <i>EnduroChlor VE5</i> | 78 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Speiseeissorten | 10 |
| Tabelle 2: Temperaturtoleranz der <i>Enterobacteriaceae</i> | 13 |
| Tabelle 3: Mikrobiologische Grenzwerte für Speiseeis auf Milchbasis | 15 |
| Tabelle 4: <i>Unilever</i> interne mikrobiologische Grenzwerte für Speiseeis | 16 |
| Tabelle 5: Temperaturtoleranz verschiedener Mikroorganismengruppen | 18 |
| Tabelle 6: Minimale pH-Werte für das Wachstum ausgewählter Mikroorganismen | 19 |
| Tabelle 7: Löslichkeitsverhalten von Ablagerungen von Lebensmittelbestandteilen | 22 |
| Tabelle 8: CIP-Systeme | 28 |
| Tabelle 9: Spülzeitvariationen | 41 |
| Tabelle 10: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation1) | 43 |
| Tabelle 11: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 2) | 45 |
| Tabelle 12: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 3) | 47 |
| Tabelle 13: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 4) | 48 |
| Tabelle 14: Ergebnisse nach Wasserspülung und Standzeit | 52 |
| Tabelle 15: Ergebnisse nach CIP-Spülzeit und Standzeit | 53 |
| Tabelle 16: Dosierstufen der Schaumkanone | 73 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|---|
| CIP | Cleaning in Place |
| EFSA | European Food Safety Authority |
| EG | Europäische Gemeinschaft |
| EHEC | Enterohämorrhagische Escherichia coli |
| EHEDG | European Hygienic Equipment Design Group |
| EU | Europäische Union |
| GKZ | Gesamtkeimzahl |
| GMP | Good Manufacturing Practice |
| gusA Gen | Gen welches für β -Glucuronidase codiert |
| HACCP | Hazard Analysis and Critical Control Point |
| HTST | High Temperature Short Time |
| IfSG | Infektionsschutzgesetz |
| KbE | Kolonie bildende Einheiten |
| lacZ Gen | Gen welches für β -Galactosidase codiert |
| LFGB | Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch |
| LMEV | Lebensmitteleinfuhr-Verordnung |
| LMHV | Lebensmittelhygiene-Verordnung |
| PCA | Plate-Count-Agar |
| ppm | parts per million |
| spp | Spezies plurales |
| VO | Verordnung |
| VRBD | Kristallviolett-Galle-Glucose-Agar |
| WHO | World Health Organisation |

1 Einleitung

Die lebensmittelbedingten Vorfälle der letzten Jahre, wie z.B. der lebensbedrohliche EHEC-Ausbruch im Frühsommer 2011 [Gottschalk, G. 2012], sensibilisierten sowohl die Verbraucher als auch die Hersteller hinsichtlich der vorherrschenden Produktrisiken. Aus der gesetzlich verankerten Verantwortung der Produzenten den Kunden gegenüber, geht die Einhaltung der Lebensmittelsicherheit als oberste Forderung hervor. Die Einhaltung der Qualitätsstandards gewährleistet, dass die Verbraucher zufriedengestellt und mit der Kundenbindung auch deren Vertrauen zum entsprechenden Betrieb wächst, was wiederum den Ruf und das Image der Marke verbessert.

Die Gültigkeit des Ausspruchs: „Qualität ist, wenn der Kunde wiederkommt und nicht das Produkt“ vom Fachkreis für Lebensmitteltechnologie ist unumstritten, doch wird oft die Tatsache vernachlässigt, dass die Reinigung und Desinfektion bei der Herstellung von Lebensmittelprodukten eine wichtige Grundlage für die Erreichung und Erfüllung dieses Grundsatzes sind. [URL 1] Sie spielen nicht nur eine Rolle zur Erhaltung der Qualitätsanforderungen, sondern sind zu dem auch von globalen Qualitätsrichtlinien vorgeschrieben und Teil vieler GMP's. Durch diesen Prozess werden Krankheitserreger sowie andere Schadstoffe und Fremdkörper entfernt. Eine optimale Reinigung kann des Weiteren zu einer Kostenreduktion führen. Ziel vieler Unternehmen ist es, die vorhandenen Ressourcen zu schützen und die Umwelt zu schonen. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

Neben der Gesundheit des Verbrauchers steht auch dessen Zufriedenheit, was besonders in Zusammenhang mit sensorischen als auch optischen Aspekten steht, im Vordergrund. Diese Gewährleistung kann durch eine gute Reinigung und Desinfektion garantiert werden und verhindert ferner die Folgen einer Kontamination: Reklamationen, Schaden am Ruf der Marke und der Firma und Verlust des Marktanteils. [Espada, E. Jan 2009]

Ziel der Bachelorarbeit war es, den Umfang der aktuell angewandten Reinigungsvorgaben in Hinblick auf mikrobielle Sicherheit zu überprüfen und den Ressourceneinsatz zu durchleuchten und zu optimieren. Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf dem Faktor der Zeit. Im Zentrum der Betrachtung steht besonders der Prozess der CIP-Reinigung. Zeit- und Ressourcenverluste sind zu verringern, um die Produktion im höchstmöglichen Umfang zu gewährleisten, gleichzeitig darf die Qualität der Produkte nicht aus dem Fokus verloren werden. Es gilt die Frage nach der Länge und Intensität eines Reinigungsvorgangs zu klären, in dem die kurzstmöglichen aber qualitätssichernden Spülzeiten aufgrund der Ergebnisse abgeleitet werden können.

Letztlich ist es wichtig, dass alle Mitarbeiter, die mit diesem Prozess in unmittelbarer Verbindung stehen, über die durch die gewonnenen Ergebnisse erlangten Erkenntnisse über Durchführung und Umsetzung der Reinigungsvorgaben genauestens informiert sind. Damit kann die Sicherheit sowie Zufriedenheit der Verbraucher gesichert werden und somit die Konkurrenzfähigkeit aufrechterhalten werden. Aus diesen Gründen ist die Bearbeitung dieses Themas für die Firma als auch für den Kunden von höchster Bedeutung. Alle verwendeten Daten wurden im Speiseeiswerk der *Unilever Deutschland Produktions GmbH&Co. OHG* Heppenheim erarbeitet.

2 Grundlagen

2.1 Speiseeisherstellung

Speiseeis ist eine Süßspeisenzubereitung, die durch einen Gefrierprozess in einen festen oder pastenartigen Zustand gebracht wird und in der Regel aus Milch, Milcherzeugnissen, Ei, Zuckerarten Aromen und anderen Zusatzstoffen zusammengesetzt ist. [Ziermann, A. 2005] In den nachfolgenden Kapiteln wird die Herstellung sowie Zusammensetzung des Speiseeises betrachtet.

2.1.1 Materialfluss

In Abbildung 1 ist der Materialfluss im Speiseeiswerk der *Unilever Deutschland Produktions GmbH&Co. OHG* dargestellt. Zunächst wird die Mischung entsprechend des Rezeptes in der Mixabteilung zusammengestellt, anschließend pasteurisiert sowie homogenisiert. Danach durchläuft diese Mischung einen Kühlungsprozess 4°C, wird dann geformt und abgefüllt und anschließend durch moderne Abpackmaschinen verpackt. Das fertige Eis wird nun palettiert und im folgenden Schritt gelagert bzw. für den Abtransport vorbereitet. [URL 7]

Mischung

Kühlung

Formung + Abfüllung/

Abpackung

Palletisierung/

Lagerung

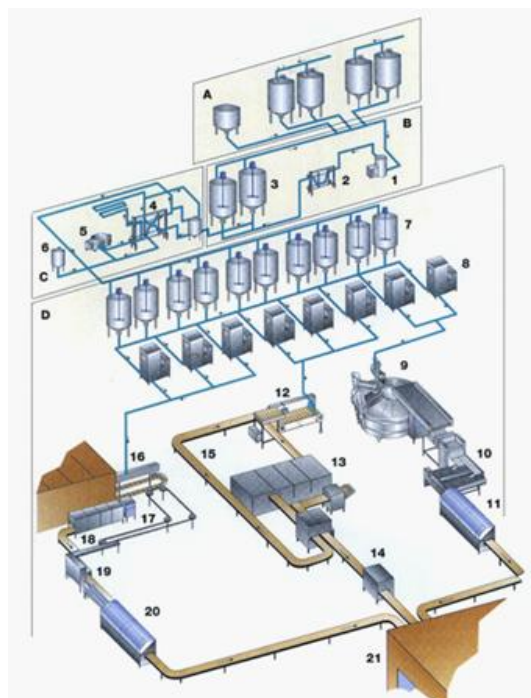


Abbildung 1: Materialfluss [Unilever, 2009]

In den folgenden Abschnitten werden die nacheinander folgenden Verfahren näher beschrieben.

2.1.2 Pasteurisation

Pasteurisation ist ein Wärmebehandlungsverfahren mit mikrobizider Wirkung, was der Haltbarmachung von meist flüssigen Lebensmitteln dient und die Keimzahl der eventuell in Milcherzeugnissen enthaltenen pathogenen Keime auf ein zulässiges Maß verringert. [Nieslony, S. et al 2010] Dabei werden die meisten hitzeempfindlichen Mikroorganismen wie Hefen oder Schimmelpilze abgetötet. Allerdings können einige keimfähige Bakteriensporen erhalten bleiben. [URL 8] Darüber hinaus werden Enzyme inaktiviert, die zu unliebsamen Geschmacksveränderungen während der Lagerung des Speiseeises führen könnten. Die anschließende Kühlung hat den Zweck, das Wachstum der überlebenden Bakterien so weit wie möglich zu verhindern. [Timm, F. 1985]

Gemäß der *Unilever* Richtlinien und darüber hinaus auch die vieler Länder in Bezug auf Lebensmittelsicherheit und Hygiene, wie zum Beispiel die der *European Hygienic Equipment Design Group* (EHEDG), muss der Eismix zunächst einer kontrollierten und korrekten Pasteurisation unterzogen werden. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zwei Arten der Pasteurisation: die kontinuierliche, wozu die High Temperature Short Time (HTST) Pasteurisation gehört, sowie die Batch Pasteurisation. Bei der Speiseeisherstellung wird fast ausschließlich das Verfahren der HTST Pasteurisation genutzt, welches eine Kombination aus Temperatur und Zeit ist (78-80°C, 20-40 Sekunden). Wegen des höheren Anteils an Trockenmasse und der höheren Viskosität im Vergleich zu anderen Produkten, die beispielsweise in Molkereien verarbeitet werden, wird über die dort angewandten Temperaturen (74-75°C) hinausgegangen. Bei diesen Temperaturen treten noch keine Hitzeschäden bei den Eiweißbestandteilen auf und die Gefahr der Geschmacksbeeinflussung, die bei höheren Temperaturen auftreten würde, wird vermieden. [Timm, F. 1985] Das Minimum gemäß der *Unilever* Bestimmungen für eine HTST Pasteurisation liegt bei einer Temperatur von 79,4°C für 25 Sekunden. [Unilever, November 2010] Für die Mixerhitzung werden kontinuierlich arbeitende Plattenwärmetauscher

verwendet (siehe Abb. 2). Diese bestehen aus zwei Endplatten (Kopf- und Fußplatte), die durch zwei übereinanderliegende Holme miteinander verbunden sind. In der Kopfplatte befinden sich Anschlüsse für Rohrleitungen. Die Platten haben an den Enden runde Öffnungen, die mit Dichtungen gegen die Plattenzwischenräume abgedichtet oder offen sind, weshalb der Weg der durchgepumpten Flüssigkeit beliebig steuerbar ist. Jede einzelne Platte ist ein Wärmetauscher, da auf der einen Seite ein wärmeaufnehmendes und auf der anderen Seite ein wärmeabgebendes Medium durchfließt. Entsprechend der Viskosität werden bis zu zehn Plattenzwischenräume parallel geschaltet, um die Fließgeschwindigkeit herabzusetzen und den Gegendruck nicht zu hoch ansteigen zu lassen. Im Wärmetauscher durchläuft der Mix folgende Stationen: zunächst wird dieser aus dem Premixer kommend, in Puffertanks gepumpt. Über einen Filter, der eventuell enthaltene Fremdkörper entfernen soll, gelangt der Mix in die Wärmetauscherabteilung, in der er durch den bereits pasteurisierten und homogenisierten heißen Mix im Gegenstrom erhitzt wird. Mit einer Temperatur von 68°C tritt der Mix aus, fließt zur Homogenisiermaschine und wird dort auf 72°C erwärmt. In der nächsten Station wird der Mix mit Heißwasser auf 78-80 °C erhitzt und anschließend bei dieser Temperatur warm gehalten. Im Wärmetauscher wird er dann auf 70°C abgekühlt, in der Wasserkühlstation sinkt die Temperatur auf 20°C. Bei der anschließenden Station wird der Mix durch Eiswasser auf 2-4°C herunter gekühlt. Nach diesem Schritt erfolgt der Mixaustritt aus dem Plattenwärmetauscher. Insgesamt ist die Wasserdurchsatzmenge viermal so groß wie der Mixdurchsatz. [Timm, F. 1985]

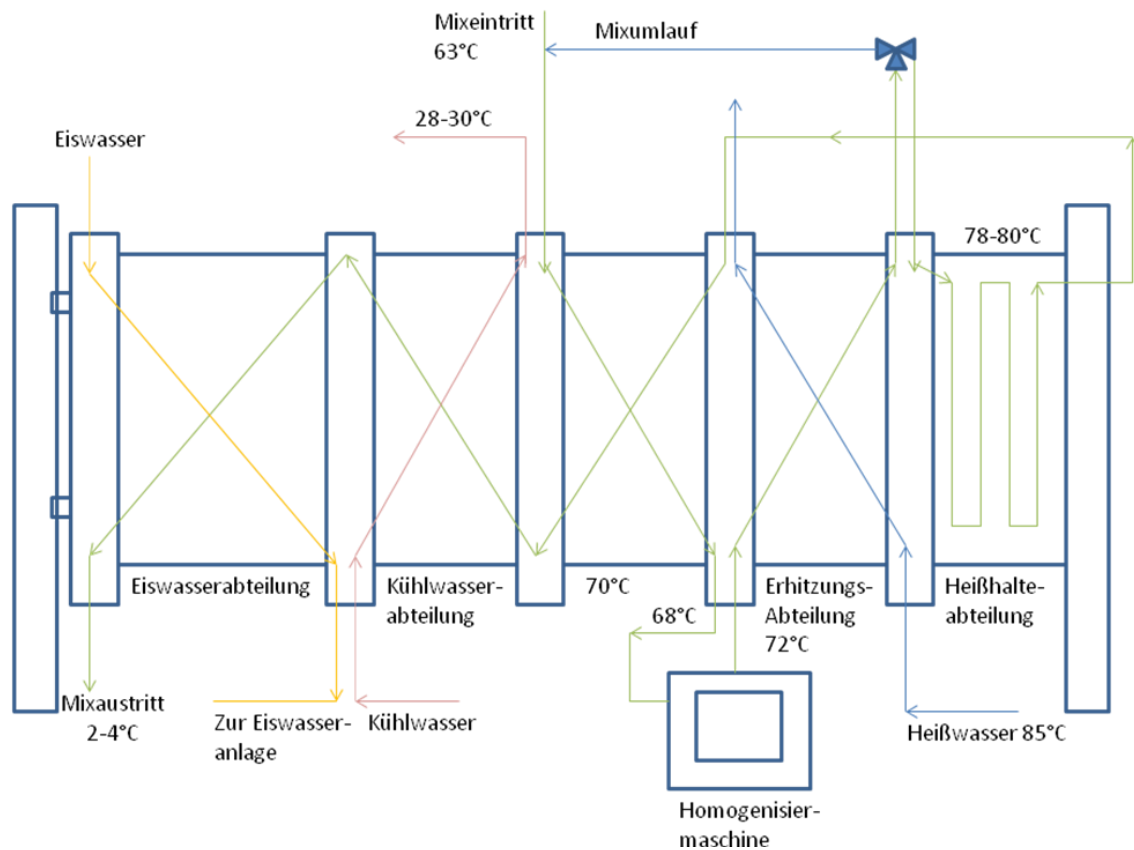


Abbildung 2: Schema Plattenwärmetauscher, Überblick Strömungsführung
[nach Timm, F. 1985]

Die kontinuierliche Methode hat gegenüber der Batch Pasteurisation den Vorteil, dass es zeit- und energiesparend ist.

Bei der Batch Methode wird eine Pasteurisieranlage genutzt, welche aus einem ummantelten Behälter besteht. In dem Mantel zirkuliert entweder Wasser, Dampf oder geheizte Wasser- bzw. Dampfleitungen. In dem Behälter wird der Eismix erwärmt und während der gesamten Pasteurisationszeit auf einer konstanten Temperatur gehalten. Einige Produkte werden auch schon erwärmt bevor sie in den Behälter gelangen. [Unilever, November 2010]

2.1.3 Homogenisierung

Im Mix ist durch die im Wasser gelösten Stoffe, wie Zucker und Salze, durch die kolloidal verteilten Eiweißmoleküle und durch die schon im Premixer beigefügten Stabilisatoren eine gewisse Viskosität vorhanden. Diese würde allerdings nicht ausreichen um die vom Turborührer fein dispergierten Fettteilchen am Auftreiben zu hindern. Aus diesem Grund muss der Mix einer Homogenisierung unterzogen werden. Dabei werden die Fettteilchen bis auf eine Größe von etwa einem Mikrometer zerkleinert. Durch die Änderung des Volumen-Oberflächen-Verhältnisses zugunsten der Oberfläche, wird eine stabile Emulsion geschaffen, in der die Auftriebskräfte des spezifisch leichteren Fettes, den Rückhaltekräften der Viskosität des Mixes unterliegen. Die Fettteilchen bleiben also in der Schwebe. Nach der Homogenisierung zeichnet sich der Mix außerdem durch einen besseren, vollmundigeren Geschmack aus. Die Homogenisiermaschine ist eine sehr starke Kolbenpumpe mit drei oder fünf Zylindern. Mit dem ersten Hub, dem Saughub, wird heißer Mix aus dem Pasteur angesaugt. Beim zweiten Hub, dem Presshub, wird der Mix durch winzige ringförmige Spalten des Homogenisierventils gepresst. Die Temperatur des Mixes steigt durch die eingebrachte Energie um 2-4°C. Für den Tröpfchenzerfall sind Scherkräfte, Turbulenz, Impuls, Reibung, Druck, Trägheit und Kavitation verantwortlich. Damit die Fettteilchen bei der weiteren Verarbeitung nicht wieder zusammenklumpen, müssen sie von einer Membran umschlossen werden. Dies wird durch im Mix enthaltene Proteine sowie die im Premixer zugesetzten Emulgatoren realisiert. Hauptsächlich werden Mono- und Diglyceride der Palmitin- und Stearinsäure verwendet, wobei die freien Hydroxygruppen des Glycerins die polare Gruppe bilden, der Fettsäurerest die nicht-polare. Diese Gruppen werden an den Grenzflächen beider Flüssigkeiten so adsorbiert, dass sich die lipophile nicht-polare Gruppe mit ihrer Affinität zu Öl dieser Phase zuwendet, während die hydrophile polare Gruppe dem Wasser zugekehrt ist. Die so angelagerten Emulgatormoleküle verhindern ein Koagulieren und Zusammenfließen der Fetttröpfchen. Bei fettfreien Mixen (z.B. Wassereis) wirkt die Homogenisiermaschine nur als Pumpe, der letzte Schritt kann hierbei vernachlässigt werden. [Timm, F. 1985]

2.1.4 Gefrierprozess

Der Freezer ist eine kontinuierlich arbeitende Gefriermaschine, die aus dem Mix das Speiseeis herstellt und nach dem Prinzip des Röhrenschabewärmetauschers arbeitet. Der Mix wird mittels regelbarer Verdrängerpumpen in das waagrecht liegende Gefrierrohr gepumpt, welches von einem Kältemittel umgeben ist. In diesem Gefrierrohr läuft eine rotierende Messerwelle, auf der über die ganze Länge des Rohrs Schabemesser angebracht sind. Diese Messer schaben den Eisfilm, der sich durch Wärmeaustausch an der Rohrwand bildet, fortlaufend ab, wobei gleichzeitig Luft eingeschlagen werden kann.

Die Kühlung des Mixes erfolgt über das Ammoniaksystem. Ammoniak ist das einzige Kältemittel, das in der Speiseeisindustrie verwendet wird. Im Freezer ist das Gefrierrohr in einem geschlossenen Gehäuse von flüssigem Ammoniak umgeben. Dessen Siedepunkt liegt unter atmosphärischem Druck bei $-33,4^{\circ}\text{C}$. Das flüssige Ammoniak wird durch den in das Gefrierrohr eingebrachten Mix, welcher etwa zwischen 5°C und 10°C temperiert ist, „erwärmt“ und verdampft dabei teilweise. Diese Dämpfe passieren einen Flüssigkeitsabscheider und werden danach über die Saugleitung von der Kälteanlage abgesaugt. Durch einen Saugdruckregler, der den Dampfraum des Freezers von der Saugleitung trennt, lässt sich die austretende Dampfmenge drosseln und damit der Verdampfungsdruck und die Verdampfungstemperatur steuern. Auf diese Weise kann auch die Kälteleistung des Freezers verändert werden. [Timm, F. 1985]

Neben dem Gefrierrohr und dem Ammoniaksystem sind im Gehäuse des Freezers erforderliche Antriebe und Pumpen installiert. Die erste Pumpe, Mixpumpe genannt, ist an die Mixzuleitung angeschlossen und befördert den Mix in das Gefrierrohr. Dieser Pumpe ist eine Mix-Luft-Pumpe nachgeschaltet. Zwischen diesen wird vorgereinigte Pressluft in den Mix eingeblasen. Beim Wärmeaustausch mit Ammoniak gibt der Mix Wärme ab, wobei erste Eiskristalle entstehen. Diese werden von Schabemessern von der Innenwand des Freezers abgeschabt. Der Schliff dieser Messer ist für die Speiseeisqualität von großer Bedeutung. Im Anschluss an diesen Teil des Freezers ist die

Speiseeispumpe platziert, durch die das fertige Speiseeis am vorderen Ende des Freezers austreten kann. Das Volumen der eingeschlagenen Luft wird auch als Aufschlag bezeichnet. Im Freezer beträgt das Speiseeisvolumen nur ca. 65-80% des späteren Volumens, da die Luft im Gefrierrohr durch den herrschenden Druck auf ein Drittel bis ein Viertel ihres späteren Volumens zusammengepresst ist, was neben der Luftaufnahmefähigkeit des Mixes auch den Wärmeaustausch verbessert. Erst nach dem Verlassen der Auslasspumpe expandieren die Luftbläschen zu ihrer vollständigen Größe. [Timm, F. 1985]

2.1.5 Abfüllmaschinen

Nachdem der Eismix den Freezer durchlaufen hat, ist er für die Abfüllung bereit. Diesen Abfüllmaschinen ist meistens ein Härtetunnel nachgeschaltet. Der Mix wird in den gewünschten Formen dosiert und anschließend in einen Härtetunnel geschoben, dessen Gehäuse mit dicht verlegten Lamellenluftkühlern ausgelegt ist, durch die flüssiges Ammoniak zirkuliert. Die Durchlaufzeiten liegen zwischen 30 und 50 Minuten, dabei wird das geformte Eis auf unterschiedlichen Ebenen senkrecht und waagrecht durch den Tunnel transportiert. Bei dem Austritt aus dem Tunnel liegt die Temperatur des Speiseeises bei ca. -20°C und es kann nun, wenn gewünscht, mit Glasurmasse überzogen werden und der Verpackungsprozess kann erfolgen.

Bei Rundgefrierern, bei denen der Mix in entsprechende Tüllen gefüllt wird, werden diese von unten mit stark wallenden $-38^{\circ}\text{C}/-42^{\circ}\text{C}$ kalten Calciumchlorid bespült. Im nächsten Schritt kommen die Stieleinsteckmaschinen zum Einsatz. Anschließend wird das Eis von Zangen aus den Tüllen gezogen. Das ist problemlos möglich, indem die Tüllen vorher mit einer warmen Sole (12°C bis 20°C) besprüht wurden. Soweit gewünscht, wird das Eis in Glasurmasse getaucht, welche schnell erstarrt. Nun wird das fertige Eis durch moderne Abpackmaschinen verpackt, aus dem Produktionsraum befördert und in Kühlhäusern bei zum Abtransport gelagert. In diesen Tiefkühlräumen herrschen Temperaturen zwischen -28°C und -32°C . Je nach Isolierwirkung der Verpackung und Produktvolumen wird es kürzer oder länger dauern, bis das Speiseeis die tiefe Lagertemperatur gleichmäßig angenommen hat. Im

Allgemeinen dauert dies einige Tage. Damit hat das Speiseeis seinen Endzustand erreicht und kann in den Verkauf gegeben werden. [Timm, F. 1985]

2.2 Speiseeiszusammensetzung

2.2.1 Speiseeissorten

Um die Vielzahl der verschiedenen Eissorten quantitativ zu beschreiben, werden Kennzahlen wie Trockenmassegehalt, Fettgehalt, Gehalt an Milchfett und der Gehalt an fettfreier Milchtrockenmasse angegeben. Diese sind in Tabelle 1 entsprechend der unterschiedlichen Sorten aufgelistet. [Timm, F. 1985] Die größten Unterschiede zeichnen sich durch verschiedene Gehalte des Milchfettes ab. So enthält Eiscreme etwa 10% Milchfett, während Sahne- bzw. Rahmeis mindestens 18% aufweist. Milcheis besteht im Gegensatz zu Sojaeis, welches anstatt von Kuhmilch aus Sojamilch zusammengesetzt ist, zu 70% aus Milch. Für Fruchteis ist ein Anteil von 20% Fruchtfleisch nicht untypisch.

Tabelle 1: Speiseeissorten [nach Timm, F. 1985; Arbuckle, W.S.; Frandsen, J.H. 1961; URL12]

| Sorte | Anforderungen an Zusammensetzung |
|-----------------------|---|
| Eiscreme | 10% Milchfett |
| Fruchteis | 20% Obstfruchtfleisch, Fruchtmark oder Fruchtsaft |
| Cremeeis | Mind. 50% Milch, 270g Vollei oder 90g Eigelb auf 1l Milch, kein zusätzliches Wasser |
| Milcheis | 70% Milch |
| Sahne-/Rahmeis | Mind. 18% Milchfett aus der bei der Herstellung verwendeten Sahne |
| Sorbet | Mind. 25% Fruchtanteil |
| Wassereis | Max. Fettgehalt von 3%, Trockenmassegehalt von mind. 12% |
| Sojaeis | Enthält statt Kuhmilch Sojamilch |
| Softeis | Ausgangsstoff ist Milcheis oder Eiscreme, Unterschied: Softeis wird bei einer Temperatur von ca. -5°C und hohem Aufschlag abgefüllt |

2.2.2 Inhaltsstoffe des Speiseeis

Die Hauptgruppe der Speiseeisbestandteile bilden Milch und Milcherzeugnisse. Da MilCHFett entscheidender Aromaträger ist, beeinflusst es sehr stark den Geschmack des Endproduktes. Außerdem ist es am Aufbau der Textur beteiligt und bildet das stabilisierende Gerüst des Speiseeises. Der maximale Fettgehalt des Eises hängt von den Anteilen der anderen Mixbestandteile, besonders des Proteingehaltes, ab.

Eine weitere wichtige Zutat sind verschiedene Zuckerarten und Zuckeralkohole. Diese Rohstoffe beeinflussen den Gefrierpunkt sowie das Schmelzverhalten des Eises. Zudem haben sie einen Einfluss auf die Konsistenz und den Aufschlag. Der wichtigste Zucker für die Speiseeisherstellung ist Saccharose. Dies ist vor allem in geschmackgebenden Zutaten wie Schokolade, Krokant oder Zuckerstreuseln enthalten. Auch Glucosesirup gehört zu den am häufigsten verarbeiteten Zuckerarten. Das Sirup bewährt sich besonders aus technologischen Gründen heraus, da sich das Speiseeis dann besser aufschlagen lässt und eine glattere Konsistenz entsteht. Zuckeralkohole haben ebenfalls eine Auswirkung auf die Konsistenz und bewirken die gleiche Gefrierpunktserniedrigung wie Monosaccharide. Unter diesem Aspekt finden Sorbit, Maltit, Mannit und Isomaltit Anwendung. [Arbuckle, W.S. et al 1961]

Im Speiseeis werden auch Emulgatoren und Stabilisatoren verarbeitet. Emulgatoren können sich aufgrund ihrer hydrophilen als auch hydrophoben Anteile in den Grenzflächen zweier Phasen verteilen und können die Oberflächenspannung herabsetzen. Ihre stabilisierende Wirkung erlangen sie durch die Bildung eines Komplexes mit Fett und Protein. Durch die Herabsetzung der Oberflächenspannung kann Luft gleichmäßiger im Eis verteilt werden und somit den Aufschlag verbessern. Stabilisatoren sind makromolekulare Verbindungen, die in Wasser sehr stark quellen und kolloide Lösungen bilden. Sie erhöhen die Viskosität des Speiseeismixes und sorgen damit für Stabilität. Außerdem verzögern sie das Wachsen von Lactose- oder Eiskristallen und erhöhen dadurch auch die Lagerfähigkeit des Eises. Zu den am häufigsten verarbeitenden Stabilisatoren gehören Johannisbrotkernmehl, Guarkernmehl und verschiedene Alginat. [Timm, F. 1985]

Um das Eis anzufärben, werden laut Zusatzstoffzulassungsverordnung [URL 10] gebilligte Farbstoffe eingesetzt. Am häufigsten werden dafür Carotine, Rote-Betesaft, Spinatpulver und Karamellzucker verwendet. Damit das Eis seinen charakteristischen Geschmack erhält, werden dem Mix entsprechende natürliche Aromastoffe, wie etwa ätherische Öle der Citrusfrüchte oder andere fruchtige Essenzen, zugesetzt. Der wichtigste naturidentische Aromastoff für milchhaltiges Speiseeis ist Vanillin. [Timm, F. 1985]

2.3 Lebensmittelmikrobiologie

2.3.1 Relevante Mikroorganismen

Das Speiseeis ist in ungefrorenen Zustand ein ausgezeichneter Nährboden für Mikroorganismen. Daher ist der Keimgehalt der Zutaten als auch die Sauberkeit bei der Herstellung für den Hygienezustand des Eises ausschlaggebend. [Vollmer, G. 1995]

Bei der Überprüfung der Sauberkeit der Oberflächen und Aggregate spielt der Nachweis von *Enterobacteriaceae* eine große Rolle. Dies sind fakultativ anaerobe kurze bis kokkoide Stäbchen, einige Vertreter sind durch entsprechende Begeißelung beweglich. *Enterobacteriaceae* sind nicht sporenbildend, weitere typische Eigenschaften dieser Bakterien sind ihre Salz- und Hitzeempfindlichkeit, sie sind mesophil bzw. zum Teil psychroph, was auch aus Tabelle 2 hervor geht. Außerdem haben sie geringe Ernährungsansprüche. Daher können sie sehr gut auf unzureichend gereinigten Oberflächen wachsen. Einige Arten sind starke Gasbildner (z.B. *Enterobacter aerogenes*) bzw. starke Proteolyten (z.B. *Serratia proteamaculans*).

Tabelle 2: Temperaturtoleranz der *Enterobacteriaceae*
[Krömker, V. 2006]

| | Temperatur (°C) |
|----------------------------|-----------------|
| Mindesttemperatur | 3-10 |
| Optimale Temperatur | 30-37 |
| Maximaltemperatur | 40-45 |

Enterobacteriaceae sind sehr weit verbreitet, sie kommen im Darm, im Kot, im Boden und Wasser, auf Pflanzen und in Rohmilch vor. Ihre wichtige Bedeutung für die Speiseeisherstellung erhalten diese Bakterien, besonders coliforme Vertreter, durch ihre proteo- und lipolytische Aktivität bzw. der Gasbildung und werden damit zu Schadkeimen bei nicht fermentierten flüssigen Milchprodukten, aber auch bei der Butter- und Käseherstellung. Das Gas stammt aus der Ameisensäuregärung, bei der Glucose zu Laktat, Acetat bzw. Ethanol und Ameisensäure metabolisiert wird. Das Formiat wird weiter zu Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff gespalten. Der Selektivagar VRBD macht sich den Abbau von Glucose unter Säurebildung zunutze, der sich in einem Farbumschlag nach rot und einer eventuellen Ausfällung von Gallensäure widerspiegelt, um die betreffenden Kolonien anzuzeigen. Da der Glucoseabbau eine Eigenschaft aller *Enterobacteriaceae* ist, können sie auf diesem Nährboden komplett erfasst werden. [Unilever, 2006]

Neben den obligat pathogenen Gattungen und Arten wie z.B. *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* und *Yersinia pestis* sind eine Vielzahl fakultativ anaerobe Gattungen wie *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Yersinia* und *Enterobacter* bekannt. [Krämer, J. 2011]

Eine Sonderstellung unter den *Enterobacteriaceae* nimmt *Escherichia coli* ein. Dieses Bakterium bildet Gas aus Laktose und gehört zu den coliformen Keimen. Sein Temperaturoptimum liegt bei 37°C, das Minimum zwischen 3°C und 10°C. *Escherichia coli* kommt hauptsächlich im Darm vor und ist damit besonders für die Produktion und Verarbeitung von Milchprodukten kritisch, da die Keime bei Durchfallerkrankungen der Kühe in hoher Anzahl in die Milch

gelangen können. Allerdings kann sich der Keim auch außerhalb des Darms in ökologischen Nischen anreichern, so dass ein Vorhandensein des Bakteriums nicht zwangsläufig auf fäkale Verunreinigungen zurückzuführen ist. [V. Krömker 2006] Die Anwesenheit von *Escherichia coli* muss streng überwacht werden, da es bei Menschen mit einer Schwächung der natürlichen Resistenzen als auch bei Säuglingen nach einer Infektion mit invasiven Erregern zu Harnwegsinfektionen, chirurgischen Wundinfektionen, Bauchfellinfektionen, Entzündungen der Gallenwege, Gehirnhautentzündungen, Lungenentzündung sowie Sepsis kommen kann. [Krämer, J. 2011]

Escherichia coli wurde häufig als Indikatorkeim für die Produktionshygiene herangezogen, aber mittlerweile von der Gesamtheit der Coliformen abgewechselt, da nicht immer ein Zusammenhang zwischen den Coliformen und der *Escherichia coli*-Keimzahl gegeben sein muss. Dennoch ist auch das Vorhandensein von *Escherichia coli* ein deutlicher Hinweis für mangelnde Verarbeitungsbedingungen und schlechte Reinigungsverfahren. [Krömker, V. 2006]

Für die Bestimmung der Koloniezahls der *Escherichia coli* wird das *Brilliance E.coli coliform selective Medium* angewandt. Die Detektion des Enzyms β -Glucuronidase, welches von dem *gusA* Gen codiert wird, wird oft zur Unterscheidung von *Escherichia coli* und anderen Coliformen genutzt, da dieses Gen nur in *Escherichia coli* vorhanden ist. Ist es anderen Organismen dennoch möglich auf diesem Medium zu wachsen, wird die β -Galactosidase-Aktivität der Coliformen, welche durch das *lacZ* Gen codiert ist, herangezogen. Dies resultiert in einem Wachstum von violetten *Escherichia coli* Kolonien, da dieser Organismus durch das Vorhandensein beider Enzyme die Chromogene umsetzen kann und somit eine Farbreaktion erfolgt. Andere Coliforme, welche das Enzym β -Glucuronidase nicht besitzen, reagieren auf dem Medium dennoch durch mit einem Wachstum von pinken Kolonien durch die Umsetzung des Chromogens, welches auf β -Galactosidase anspricht. Rose-Gal (6-Chlor-3-indolyl- β -D-galactopyranosid) ist für die Detektion der β -Galactosidase Aktivität und X-Glu (Cyclohexylammoniumsalz der 5-Brom-4-chlor-3-indolyl- β -D-glucuronsäure) für die der β -Glucuronidase verantwortlich.

Durch das im Medium enthaltene Natriumlaurylsulfat wird das Wachstum von gram-positiven Organismen gehemmt. [URL 13]

Neben Enterobacteriaceae und Escherichia coli wird auch die Gesamtkeimzahl bestimmt. Dafür wird der *Plate-Count-Agar* verwendet, welcher keine Hemmstoffe beinhaltet, so dass alle Mikroorganismen erfasst werden können.[Unilever, 2003]

2.3.2 Mikrobiologische Kriterien

Laut der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 [Kommission der EU, 2005] gelten folgende Grenzwerte für Eis und Eiskrem auf Milchbasis (siehe Tab. 3): in keiner Speiseeisprobe dürfen Salmonellen oder *Listeria monocytogenes* vorhanden sein. Selbiges sieht auch die *Unilever* GMP für mikrobiologische Grenzwerte vor (siehe Tab. 4). Beide Richtlinien stimmen auch in den Grenzwerten von *Staphylococcus aureus* und *Enterobacteriaceae* überein. Hierbei liegt der Höchstwert an anwesenden Organismen bei 100 KbE pro Gramm. *Unilever* setzt die Grenzwerte der Gesamtkeimzahl (GKZ) allerdings niedriger an, als laut Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 gefordert wird. Der gesetzlich vorgeschriebene Schwellwert dafür liegt bei 100000 KbE/g, während der von *Unilever* schon bei 10000 KbE/g liegt. Damit kann *Unilever* seinen hohen Qualitätsanforderungen gerecht werden und bleibt konkurrenzfähig. Die akzeptablen Werte für die Anzahl der Proben zwischen m und M, stimmen in beiden Richtlinien überein, ebenso die Anzahl der zu untersuchenden Proben.

Tabelle 3: Mikrobiologische Grenzwerte für Speiseeis auf Milchbasis
[Kommission der EU, 2005]

| | n | m | M | c |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Salmonella</i> | 5 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 5 | 10 | 100 | 2 |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 5 | 10 | 100 | 2 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Gesamtkeimzahl | 5 | 100.000 | 500.000 | 2 |

Legende

m= Schwellenwert (in KbE/g); das Ergebnis gilt als ausreichend, wenn die einzelnen Proben diesen Wert nicht überschreiten

M= Höchstwert (in KbE/g); das Ergebnis gilt als nicht ausreichend, wenn die Werte einer oder mehrerer Proben diesen Wert überschreiten

n= Anzahl der zu untersuchenden Proben

c= Anzahl der Proben mit Werten zwischen m und M; das Ergebnis gilt als akzeptabel, wenn die Werte der übrigen Proben höchstens den Wert m erreichen

Unilever selbst setzt mikrobiologische Standards höher an, als dies nach dem Gesetz nötig wäre, um eine bestmögliche Qualität zu gewährleisten. Die Grenzwerte für eine erlaubte Anzahl an im Produkt enthaltene Mikroorganismen sind in Tabelle 4 aufgezeichnet. [Unilever, Nov 2010] Das von *Unilever* festgelegte GMP Limit ist um einiges geringer als die rechtlich zulässige mikrobiologische Belastung, welche durch die Europäische Kommission festgelegt wurde. Die Gesamtkeimzahl darf laut GMP bei 10.000 KbE pro Gramm liegen, während allgemein eine Belastung von bis zu 100.000 Mikroorganismen pro Gramm zulässig wäre. Die determinierten Schwellenwerte als auch die Höchstwerte beider Organisationen für spezielle Organismen sind jedoch deckungsgleich. Ebenso der Probenumfang sowie die Anzahl der Proben, welche zwischen dem Schwell- und dem Höchstwert liegen, so dass das Ergebnis in einem akzeptablen Bereich liegt.

Tabelle 4: *Unilever* interne mikrobiologische Grenzwerte für Speiseeis

[Unilever, Nov 2010]

| | n | m | M | c |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Salmonella</i> | 5 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 5 | 10 | 100 | 2 |
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 5 | 10 | 100 | 2 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Gesamtkeimzahl | 5 | 10.000 | 100.000 | 2 |

2.3.3 Wachstumsbeeinflussende Faktoren

Das Wachstum von Mikroorganismen ist von verschiedenen Faktoren der Umgebung abhängig. Dazu zählen das Nährstoffangebot, die Temperatur, die Wasseraktivität, die Wasserstoffionenkonzentration sowie das Sauerstoffangebot.

Nährstoffangebot

Grundsätzlich stellen Mikroorganismen niedrigere Ansprüche an das Nährstoffangebot als höhere Organismen. Die meisten Mikroorganismen benötigen organische Substanzen als Energiequelle, allerdings ist es einigen auch möglich, anorganische Verbindungen verwertbar zu machen. Als Kohlenstoffquelle haben Kohlenhydrate eine besonders wichtige Bedeutung. Stickstoff gewinnen die meisten Organismen aus anorganischen Substanzen wie etwa Ammoniumionen, aber auch aus komplexeren Verbindungen wie Aminosäuren. Um ihren Bedarf an Mineralstoffen zu decken, nehmen Mikroorganismen Phosphor, Schwefel, Kalium, Magnesium, Calcium und einige Spurenelemente auf. Aus der Zusammensetzung des Speiseeises (siehe Kapitel 2.2.2) heraus zeigt sich, dass sich dieses hervorragend als Nährboden für Mikroorganismen eignet, da es ein großes Potential an Energie als auch an Kohlenstoff, Mineralstoffen und Spurenelementen birgt. [Timm, F. 1985]

Temperatur

Die Temperatur ist einer der einflussreichsten Faktoren auf das Wachstum und die Vermehrung der Mikroorganismen, da diese unterschiedliche Temperaturbereiche haben in denen sie wachsen. Durch ihre Vorliebe für den jeweiligen Temperaturbereich, können diese Organismen in drei Gruppen eingeteilt werden: psychrophile (kälteliebend), mesophile und thermophile (wärmeliebend). [Timm, F. 1985]

Tabelle 5: Temperaturtoleranz verschiedener Mikroorganismengruppen
[Ziegler, E. 2009]

| Keimgruppe | Temperatur (°C) | | |
|----------------------|-----------------|---------|---------|
| | Minimum | Optimum | Maximum |
| Psychrophile | -10-5 | 10-15 | 15-20 |
| Psychrotrophe | -5-5 | 20-30 | 30-35 |
| Mesophile | 5-10 | 30-45 | 35-47 |
| Thermophile | 25-45 | 50-80 | 60-85 |

In Tabelle 5 sind die Temperaturtoleranzen verschiedener Mikroorganismengruppen dargestellt. Die Vermehrungsrate nimmt bei allen Gruppen mit sinkender Temperatur ab, allerdings können psychrophile Mikroorganismen in Bereichen niedriger Temperaturen schneller wachsen als die psychrotrophen. Da psychrotrophe Organismen sowohl vor Beginn der Kühlung bei mittleren Temperaturen als auch in der Kühlungsphase vermehrungsfähig sind, sind sie die am häufigsten in gekühlten Lebensmitteln vorkommenden Keime. Zu dieser Gruppe gehört unter anderem auch die Familie der *Enterobacteriaceae*. [Ziegler, Eva 2009]

Sauerstoffangebot

Durch ihren Sauerstoffbedarf können Mikroorganismen in Aerobier und Anaerobier eingeteilt werden. Aerobe Mikroorganismen benötigen Sauerstoff zum Wachstum; dieser Gruppe gehören die meisten Mikroorganismen an. Anaerobier hingegen wachsen in der Abwesenheit von molekularem Sauerstoff. Zwischen diesen beiden Gruppen gibt es zudem Organismen, die sowohl in Anwesenheit als auch in Abwesenheit von molekularem Sauerstoff wachsen können, sogenannte fakultativ anaerobe Mikroorganismen, zu denen auch die *Enterobacteriaceae* gehören. Durch die Stoffwechsellätigkeit der Mikroorganismen kann das Redoxpotential in Lebensmitteln oder anderen Milieus so geändert werden, dass das Wachstum beeinflusst beziehungsweise behindert werden kann. [Timm, F. 1985]

Wasserstoffionenkonzentration

Der pH-Wert hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Wachstum der Mikroben. Aus Tabelle 6 ist zu erkennen, dass es Mikroorganismen gibt, wie zum Beispiel Schimmelpilze, die durchaus bei niedrigen pH-Werten wachsen können, während sensitivere Organismen wie *Enterobacteriaceae* ein milderes Milieu bevorzugen. Auch *Salmonella species* sind unter einem minimalen pH-Wert von 4,0 nicht mehr lebensfähig. [Mahler, C. 2004]

Tabelle 6: Minimale pH-Werte für das Wachstum ausgewählter Mikroorganismen
[Mahler, C. 2004]

| Mikroorganismus | pH-Minimum |
|---------------------------|------------|
| <i>Enterobacteriaceae</i> | 4,0 – 5,0 |
| <i>Escherichia coli</i> | 5,0 |
| <i>Salmonella spec.</i> | 4,0 – 4,5 |
| Hefen, Schimmelpilze | 2,0 |

Wasseraktivität

Wasser ist für die Vermehrung von Mikroorganismen besonders bedeutsam, da sich darin alle Lebensprozesse abspielen und es teilweise auch an Stoffwechselprozessen beteiligt ist. Außerdem ist es das Transportmittel von Nährstoffen durch die Zellwand und entfernt zudem Stoffwechselprodukte aus der Zelle. [Timm, F. 1985] Das verfügbare Wasser kann als Wasseraktivität angegeben werden. Dies wird als Verhältnis des Wasserdampfdruckes des Lebensmittels zu dem des reinen Wassers definiert. Dieser Faktor ist für die mikrobiologische Aktivität als auch die Haltbarkeit der Lebensmittel von großer Bedeutung. [Mahler, C. 2004] Besonders gramnegative Bakterien, zu denen auch *Enterobacteriaceae* gehören, stellen hohe Ansprüche an die Wasseraktivität. [Timm, F. 1985] Daher ist es nicht nur wichtig eine gute, effektive Reinigung durchzuführen, sondern auch eine Trocknung zu gewährleisten, so dass keine Wasserrückstände auf den produktberührenden

Oberflächen zurückbleiben, welche ein Wachstum von Mikroorganismen begünstigen könnten.

2.4 Reinigung

Im Grunde genommen dient die Reinigung in Lebensmittelbetrieben dazu, die Ansprüche des Verbrauchers in ästhetischer, hygienischer und sensorischer Hinsicht zu erfüllen und dabei Lebensmittelreste zu entfernen, die als Nahrungsgrundlage für Mikroorganismen oder Schädlingen dienen können. Ein weiterer Faktor den es zu erreichen gilt, ist die Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit benutzter Anlagen und Einrichtungen, sowie die Verlängerung der Nutzungsdauer der entsprechenden Anlagen. [Wildbrett, G. 2006]

2.4.1 Definition

Unter Reinigung versteht man die Entfernung von Schmutz und Überresten mit dem Ziel, jeden negativen Einfluss der sensorische, physikalische, chemische oder mikrobiologische Veränderungen mit sich bringen könnte, auszuschließen. [Krüger, S. et al 2010] Der Reinigungsprozess wird als heterogene chemische Reaktion zwischen dem Reinigungsmittel und der Verschmutzung angesehen. Dabei ist die Reinigungsgeschwindigkeit abhängig von Art und Zustand der Oberfläche sowie des Schmutzbelages, der Wasserhärte und dem Korrosionsverhalten. Aber auch die Art und Konzentration des Reinigungsmittels sowie die Temperatur und Einwirkungsdauer als auch die Strömungsgeschwindigkeit spielen eine ausschlaggebende Rolle. [Tscheuschner, H.-D. 1996] Die Produktionsanlagen werden gereinigt, wenn zu einem neuen Produkt gewechselt wird, hierbei muss die Reinigung besonders gründlich durchgeführt werden damit es keine Kreuzkontamination verursacht wird. Es bedarf ebenfalls einer Reinigung wenn ein „shutdown“ der Produktion für einen längeren Zeitraum eintritt, oder die Abfalllagerung einen nachteiligen Effekt auf das Arbeiten der Maschinen hat. Ein weiterer Grund für das Entfernen von Verunreinigungen besteht in der Eliminierung gefährlicher

Mikroorganismen und einer Reduktion zu einem akzeptablen Level an lebensmittelschadenden Organismen. Dies kann durch eine Desinfektion noch verbessert werden, welche erst nach der eigentlichen Reinigung stattfindet, da sie in Anwesenheit von Überresten des Produktes oder anderen Verunreinigungen keine gewünschte Effizienz bringt.

Das Prinzip der Reinigung kombiniert das Nutzen thermischer, kinetischer sowie chemischer Energie. Der Reinigungsprozess kombiniert diese Faktoren mit der dafür benötigten Zeit. Diese beiden Faktoren können variiert werden und beeinflussen darüber hinaus die Wahl des Reinigungsmittels. Es gibt einige Faktoren die einen direkten Einfluss auf die Effektivität, die Einfachheit und die Kosten des Reinigungsprozesses für die Firma haben. Zu diesen Faktoren gehören die Art des Schmutzes und dessen Eigenschaften, Material, Design und Oberflächen, Wasser und Reinigungsmittel, Reinigungsverfahren, Reinigungsparameter wie Temperatur, Zeit, Fließgeschwindigkeit sowie die Konzentration der Reinigungsmittel.

2.4.2 Wirkung der Reinigungsmittel

Die Hauptquelle von Verunreinigungen bildet das herzustellende Produkt selbst. Aber auch Minerale aus Überresten von Wasser oder Reinigungsmitteln können Filme auf der Oberfläche bilden, welche eine fördernde Wirkung für Biofilme haben. Viele der komplexen Filme enthalten Lebensmittelzutaten, Schmutz, Staub, unlösliche Bestandteile von Reinigungsmitteln als auch von Salzen harten Wassers. Die Filme variieren in ihrer Löslichkeit abhängig von der Temperatur, dem Alter, der Trockenheit und der Zeit. Daher ist es wichtig Kenntnisse über die Eigenschaften und Beschaffenheit der Verschmutzungen zu besitzen, um auch das effektivste Reinigungsverfahren und –mittel zu wählen. Allgemein lässt sich sagen, dass saure Reinigungsmittel alkalische Verschmutzungen lösen und alkalische Reinigungsmittel saure Verschmutzungen lösen. Eine unsachgemäße Handhabung der Reinigungsmittel kann sogar dazu führen, dass sich die Ablagerung der Verschmutzungen erhöht und sich ein Entfernen dadurch noch schwieriger gestaltet (z.B. saure Reinigungsmittel führen zur Ausfällung von Proteinen).

Nahrungsmittelbestandteile sind in ihrer Löslichkeit sehr verschieden, was in Tabelle 7 veranschaulicht wird. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004; Krämer, J. 2011] Während Zucker und ähnliche Substanzen wie Salze gut in Wasser löslich sind, bedarf es bei der Entfernung von Fett oder Proteinen einer aufwendigeren Reinigung in Hinblick auf das angewandte Reinigungsmittel.

Tabelle 7: Löslichkeitsverhalten von Ablagerungen von Lebensmittelbestandteilen
[Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

| Ablagerung | Löslichkeit | Entfernung |
|---------------------------|--|-------------------|
| Zucker | wasserlöslich | einfach |
| Fett | wasserunlöslich, löslich in alkalischen Milieu | schwierig |
| Protein | wasserunlöslich, löslich in alkalischen Milieu | sehr schwierig |
| Salze (monovalent) | wasserlöslich, löslich in sauren Milieu | einfach |
| Salze (polyvalent) | wasserunlöslich, löslich in sauren Milieu | schwierig |

2.4.3 Reinigungsprozess beeinflussende Faktoren

Abbildung 3 stellt den Sinnerschen Kreis dar, welcher veranschaulicht, dass verschiedene Faktoren wie das Reinigungsgut, die Verschmutzung als auch die Reinigungslösung einen Einfluss auf den Ablauf und das Ergebnis der Reinigung haben [Wildbrett, G. 2006]. Im Folgenden sind die einzelnen Einflussgrößen näher beschrieben:

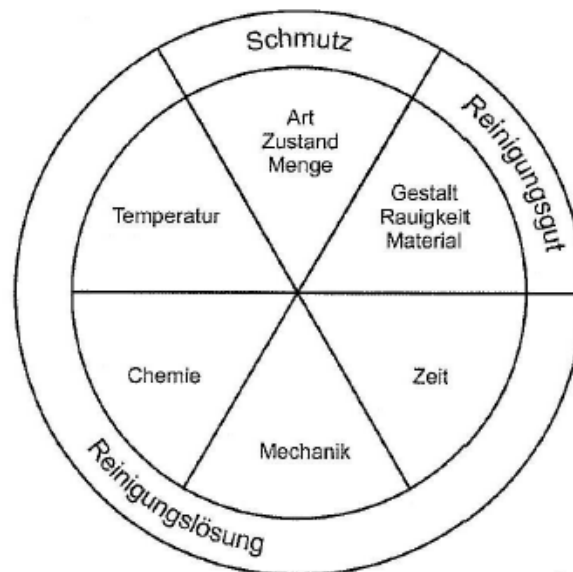


Abbildung 3: Erweiterter Sinnerscher Kreis [Wildbrett, G. 2006]

Temperatur

Allgemein kann man sagen, dass eine Temperaturerhöhung die Reinigungseffizienz erhöht und die Zeit der Reinigung verkürzt. Eine grobe Anleitung besagt, dass eine Temperaturerhöhung um 10°C die Reaktionsrate für das Entfernen von Verunreinigungen um einen Faktor von 1,5-2 erhöht. Die Maximaltemperatur hängt von der Reinigungsmethode (z.B. manuell oder automatisiert), den Eigenschaften der Anlagen (offen oder geschlossen) und den Eigenschaften der Verschmutzung ab. Manuelle Reinigung und Reinigung an offenen Anlagen werden bei einer Temperatur von 40-55°C durchgeführt. Für einen Cleaning-in-Place Prozess wird für das Reinigungsmittel eine Temperatur von mindestens 65°C für eine effektive Reinigung vorgeschlagen. Produktionsanlagen, an denen hauptsächlich Fette und Öle verarbeitet werden, sollten mit höheren Temperaturen zwischen 80 und 85°C gereinigt werden. Stärkeverarbeitende Anlagen können am besten mit Temperaturen zwischen 50-55°C gereinigt werden. Um Koagulationen an proteinverarbeitenden Anlagen zu vermeiden, sollte die Reinigung bei einer Temperatur von 65°C stattfinden. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

Chemie

Das Optimum der Reinigung in Bezug auf die Konzentration ist abhängig von dem gewählten Reinigungsmittel, der Art der Verschmutzung und seinem Bestreben an Oberflächen zu adhären. [Tscheuschner, H.-D. 1996] Näheres ist in Kapitel 2.4.2 beschrieben.

Mechanische Kraft

Für die Reinigung an offenen Anlagen hängt die Entfernung von Verschmutzungen zu einem großen Teil von der mechanischen Energie ab. Unter keinen Umständen sollten Verschmutzungen mit höher als 10 bar abgespritzt werden, denn hoher Druck kann die Verunreinigungen auch in andere Teile der Produktionshalle verteilen.

Bei der Reinigung an geschlossenen Anlagen hängt die dafür benötigte Zeit von der Fließgeschwindigkeit des Reinigungsmittels ab. Es gibt keinen Nachweis dafür, dass eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit auch eine Verbesserung der Reinigung mit sich bringt. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

Zeit

Je länger die Reinigungslösung in Kontakt mit der zu reinigenden Oberfläche steht, desto höher ist die Menge der entfernten Verschmutzungen. Außerdem kann bei einer erhöhten Einwirkzeit die Konzentration der benötigten Reinigungsmittel verringert werden. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004] Da bei CIP nach einem zeitgesteuerten, voll automatisierten sowie optimierten Reinigungsablauf verfahren wird, ist von so einem Fehler nur bei der manuellen Reinigung auszugehen.

Verschmutzung

In Kapitel 2.4.2 sind verschiedene Arten und Beschaffenheiten von Verschmutzungen sowie geeignete Reinigungsmittel beschrieben. Tabelle 7 gibt Auskunft über die Wasserlöslichkeit einiger Substanzen.

Reinigungsgut

Der Fehlereinfluss durch das Reinigungsgut ist als verhältnismäßig gering zu betrachten. Die zu reinigenden Oberflächen bestehen aus dem gleichen Material und besitzen ähnliche Oberflächenrauigkeit. Minimale Unterschiede sind lediglich aufgrund von kleinen Beschädigungen und Probenalterung zu erwarten.

Allerdings stellen Korrosionsschäden, die meist von Chloridionen aus aggressiven sauren Lösungen stammen, ein durchaus großes Hygiene- und Haltbarkeitsrisiko dar. Bei der Entstehung von rostigen Oberflächen erhöht sich die Anheftung von Produktresten und chemische Lösungen können nur noch unzureichend ausgespült werden. Daher muss die Beschaffenheit der Werkstoffe auch genauestens bekannt sein. Die Rauheit und auch die Energie der Oberflächen spielen eine Rolle bei der Reinigung. Einige Untersuchungen haben gezeigt, dass niederenergetische Oberflächen einen besseren Reinigungserfolg zeigen als höherenergetische. [Bobe, U. et al 2006]

2.4.4 Anforderungen an Wasser

Das primäre Mittel zur Reinigung in Lebensmittelbetrieben ist Wasser. Grundlegende Voraussetzung für Wasser ist, dass es frei von pathogenen Mikroorganismen, toxischen Metallionen und unerwünschten Geruch oder Geschmack ist. Außerdem muss es dem Standard für Trinkwasser entsprechen, welcher u.a. von der WHO festgelegt wird. Wasserverunreinigungen beeinflussen auch die Reinigung: lösliche Eisen- und Mangansalze die in einer höheren Konzentration als 0,3 ppm vorkommen, können farbige Rückstände auf den Oberflächen verursachen. Auch die Wasserhärte kann ein großes Problem darstellen, da besonders Calcium- und Magnesiumsalze die Effektivität der Reinigungsmittel negativ beeinflussen können. [Unilever Research and Development Vlaardingen, Dez 2004]

2.4.5 Reinigungsmethoden

Trockenreinigung

Diese Methode wird meist bei der Verarbeitung von trockenen Rohstoffen oder in Produktionsstätte, bei denen das Produkt mit Wasser zu unlöslichen Verschmutzungen reagiert, die sehr schwer entfernbar sind, angewandt. Ein Vorteil gegenüber der Nassreinigung besteht darin, dass den Mikroorganismen keine optimale Umgebung für ein Wachstum durch eine verminderte Feuchtigkeit geboten wird. Die Trockenreinigung wird durch das mechanische Entfernen von Schmutzteilen durch z.B. Wischen, Bürsten und Saugen realisiert. [Unilever Research and Development Vlaardingen, Dez 2004]

Nassreinigung

Die Nassreinigung bezieht sich auf die Anwendung von Flüssigkeiten, meist Wasser, um ein gewünschtes Ergebnis einer Reinigung zu erlangen. Dies kann für offene als auch geschlossene Anlagen durchgeführt werden. Im Allgemeinen läuft eine Reinigungsprozedur mit integriertem Desinfektionsschritt in fünf Schritten ab:

1. Vorspülung zur Entfernung nicht fest haftender Verunreinigungen
2. Reinigung mit Wasser, meist unter Zusatz von Reinigungsmitteln
3. Zwischenspülen zur Entfernung der Reinigungslösung und der Verunreinigungen
4. Desinfizieren mit Desinfektionslösung
5. Nachspülen mit Frischwasser

Je nach Grad und Art der Verschmutzung können Teilprozesse wiederholt bzw. intensiviert werden. Für die Entfernung von organischen Verschmutzungen wird ein alkalischer Reiniger verwendet, während für anorganische Verunreinigungen saure Reinigungsmittel Anwendung finden. [Tscheuschner, H.-D. 1996]

Bei geschlossenen Anlagen wird die Reinigung direkt an der Stelle der Anlage durchgeführt, ein sogenanntes Cleaning in Place (CIP). Darunter versteht man

Verfahren zur Reinigung und Desinfektion, bei denen geschlossene, miteinander verbundene Anlagenteile mit Tanks und Rohrsystemen in mehreren hintereinander geschalteten Schritten entleert, vorgereinigt, gereinigt, desinfiziert und nachgespült werden. [Krüger, S. et al 2010] Komplexere Prozesse verbinden einen CIP-Prozess mit manuellen Reinigungsmethoden. Wenn Teile der Anlage entfernt werden und separat gereinigt werden, findet eine manuelle Reinigung statt. Im folgenden Abschnitt wird die CIP-Reinigung näher beschrieben:

Ein Cleaning in Place besteht aus der Zirkulation von Reinigungschemikalien und/oder Wasser durch eine Anlage. Ziel einer CIP-Reinigung ist es, dass alle produktberührenden Oberflächen zu einem reproduzierbaren Standard gereinigt und desinfiziert werden. Nach H.-D. Tscheuschner (1996) besteht der CIP-Prozess aus drei Arbeitsabläufen:

1. Anlagenentleerung durch Ausschieben mit Wasser oder Ausblasen mit Druckluft
2. Anlagenreinigung durch alternierende Behandlung: Spülen, Laugen- bzw. Säurebehandlung
3. Ablassen des Spülwassers und gegebenenfalls Desinfektion

Man unterscheidet zwischen einer gewissen Anzahl möglicher CIP Systeme, welche generell in „Verlorene Reinigung“ und „Stapelreinigung“ eingeteilt werden können. Man spricht von verlorenen Reinigungen, wenn die Reinigungslösung nach einmaligem Einsatz verworfen wird. [Krüger, S. et al 2010] In der folgenden Tabelle (Tab. 8) sind beide Typen beschrieben sowie deren Vor- und Nachteile aufgezeigt. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

Tabelle 8: CIP-Systeme [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, Sep 2004]

| Art des Systems | Beschreibung | Vor-/Nachteile |
|--|--|---|
| CIP ohne zusätzliche Ausrüstung | Reinigungslösung (in Anlage vermischt) wird in die Anlage eingelassen, zirkuliert, danach abgelassen | Keine zusätzliche Ausrüstung, hohe Kosten und erhöhte Reinigungszeiten |
| Verlorene Reinigung | Reinigungslösung außerhalb der Anlage hergestellt, zirkuliert, danach abgelassen | Hohe Kosten, kürzere Reinigungszeiten, einfache Automation |
| Stapelreinigung - zentralisiert | Reinigungslösung, Desinfektionsmittel und Reinigungswasser kann nach CIP aufgereinigt werden und werden in Tanks nahe der Produktionsanlage gelagert | Hohe Investitionskosten und Automationsausrüstung, verkürzte Reinigungszeiten und niedrige Kosten für Reinigungsmittel/Wasser |
| Stapelreinigung – dezentralisiert | Selbe Prinzip wie bei zentralisiertem System, aber: kleinere Tanks außerhalb der Produktionsanlage | Kleinere Tanks, kurze Reinigungszeiten, erhöhte Flexibilität |

Im Speiseeiswerk der *Unilever Deutschland Produktions GmbH&Co. OHG* wird für die CIP Reinigung das Stapelreinigungssystem (zentralisiert) angewendet. Um die Reinigung auch für Aggregate gewährleisten zu können, die nicht direkt an den CIP Kreislauf angeschlossen sind, wie z.B. die Füllmundstücke, wird ein Teil der Laugenlösung über diese abgelassen. Sie werden dabei gespült und gleichzeitig desinfiziert. Hierbei handelt es sich um eine verlorene Reinigung. CIP-Anlagen werden automatisch zeitlich gesteuert. Dabei werden die Temperatur und die Konzentration der zirkulierenden Lösungen stets im Auge behalten. Für diese Reinigungsmethode muss eine hohe Betriebssicherheit gegeben sein und Verriegelungsschaltungen vorhanden sein. Außerdem

müssen sichere Abgrenzungen von Heißreinigungs- und Kaltreinigungskreisläufen innerhalb eines kombinierten Systems bestehen [Tscheuschner, H.-D. 1996].

2.4.6 Reinigungsabläufe im Werk Heppenheim

CIP-Reinigung

Nach der Produktion als auch vor dem Anfahren der Produktionsanlage wird ein CIP-Kreislauf durchgeführt. Zunächst werden für die Durchführung der CIP-Reinigung alle Ventile auf CIP-Durchfluss gestellt und eine Verbindung zum Laugenrückfluss hergestellt.

Ein CIP-Programm besteht im Wesentlichen aus drei Schritten: zuerst findet eine Vorspülung mit Warmwasser mit einer Temperatur von ca. 40°C für 15 Minuten statt, womit alle groben Produktrückstände entfernt werden. Dieses Wasser wird nach diesem Schritt direkt abgelassen und ist damit der einzige Schritt des Kreislaufs der einen Verlust darstellt. Danach wird mit einer heißen Laugenlösung (ca. 84°C), für einen variablen Zeitraum von 15-30 Minuten gespült. Meist wird hierfür Natronlauge mit dem Spülwasser so gemischt, dass eine Konzentration von 1% erreicht wird. Es handelt sich also um eine chemisch-thermische Desinfektion. Wenn der Freezer ebenfalls eine hohe Temperatur von 80°C erreicht hat, kann die Laugenlösung zirkulieren. Anschließend findet eine Nachspülung mit Kaltwasser statt. Dieses Wasser wird bei der nächsten Reinigung als Vorspülwasser verwendet. Zum Schluss werden alle Leitungen und Behältnisse entleert und stehen nach der Trocknung für die weitere Produktion bereit.

Unabhängig von der Reinigung des Freezers und aller damit verbundenen Leitungen wird der Mixvorratsbehälter in der Mixabteilung zunächst mit Warmwasser gespült und anschließend mit dem enzymatischen Reinigungsmittel *P3-Paradigm 10* (siehe Anhang B, Abb.14) behandelt, um auch alle Milchbestandteile des Eismixes effektiv zu entfernen. Dies ist besonders wichtig um Kreuzkontaminationen auszuschließen, die auftreten können, wenn nach einer Mischung mit Milchgehalt ein anderer Eismix

verarbeitet wird, welcher milchfrei ist. Danach wird auch diese Anlage mit Kaltwasser gespült.

Für die CIP-Reinigung wird der Desinfektionsreiniger *P3-horolith CIP* (siehe Anhang B, Abb.18) verwendet. Dieser saure Reiniger enthält u.a. Phosphorsäure sowie Fettalkoholethoxylate. Eine CIP Reinigung mit dieser Säure wird allerdings nur einmal im Jahr durchgeführt. [URL 4]

Gebräuchlicher ist die Verwendung einer Natronlauge, welche vor der Reinigung entsprechend mit Wasser gemischt wird um die gewünschte Konzentration für eine Reinigung zu erhalten.

Einige Aggregate werden mit einem enzymatischen Reiniger (*P3-Paradigm 10*, siehe Anhang B, Abb.19) behandelt. Dieser wird ebenfalls für die CIP Reinigung angewandt, zirkuliert aber nicht in alle Bestandteile der Produktionsanlage. Das Reinigungsmittel enthält neben Enzymen auch Polymere und Fettalkoholethoxylate [URL 5]

Manuelle Reinigung

Im Werk wird zur Schaumreinigung hauptsächlich das Reinigungsmittel *Hypofoam VF6* (siehe Anhang B, Abb.16) verwendet, welches u.a. Natriumhydroxid und Natriumhypochloritlösung enthält und somit als Base kategorisiert wird. *Hypofoam VF6* wird durch eine Schaumkanone dosiert. Davon gibt es zwei verschiedene Arten mit denen unterschiedliche Konzentrationen erzeugt werden können. Die Schaumkanone mit den Dosierstufen V8 (siehe Anhang A, Tab. 16) kann Konzentrationen von 0,78% bis 10% herstellen, während die Schaumkanone mit der Dosierstufe V10 höher Konzentrationen von 10 bis 33% erzeugen kann. Im Werk werden die Schaumkanonen meist mit der Dosierstufe V8 verwendet. [URL 2]

Für die Tauchreinigung, bei der einzelne Aggregate von den Anlagen entfernt und extern in einem Becken gereinigt werden, findet das Reinigungsmittel *Hypoclean VK38* (siehe Anhang B, Abb.17) Verwendung. Inhaltsstoffe dieses Reinigers sind u.a. Natriumcarbonat, Natriummetasilikat sowie Natriumalkylbenzolsulfonat, so dass man von einer Lauge sprechen kann. [URL 3] Zur manuellen Desinfektion wird Chlorwasser der Firma *Johnson Diversey*

Austria Trading GmbH unter den Namen *EnduroChlor* (siehe Anhang B, Abb.20) verwendet. Auch dieser Stoff kann zu den Laugen gezählt werden [URL 6]

2.4.7 Effektivität der Reinigung

Im folgenden Diagramm (Abb. 4) ist die Abhängigkeit der Effektivität der Reinigung auf die Produktionszeit dargestellt. Darin ist ersichtlich, dass eine Produktionslinie, die nach der Reinigung wirklich sauber ist, für einen längeren Zeitraum in Betrieb genommen werden kann bevor die mikrobiologische Qualität des Produktes inakzeptabel wird und die Linie erneut gereinigt werden muss. Dadurch kann nicht nur Zeit eingespart werden, sondern auch die Umwelt geschont werden, indem seltener gereinigt wird und damit auch weniger Wasser verbraucht wird. Außerdem müssen die Anlagen seltener abgeschaltet werden wodurch es zu Einsparungen kommt und durch das Vermeiden von einer erneuten Inbetriebnahme der Produktionslinien nach der Reinigung können Verluste eingespart werden. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, September 2004]

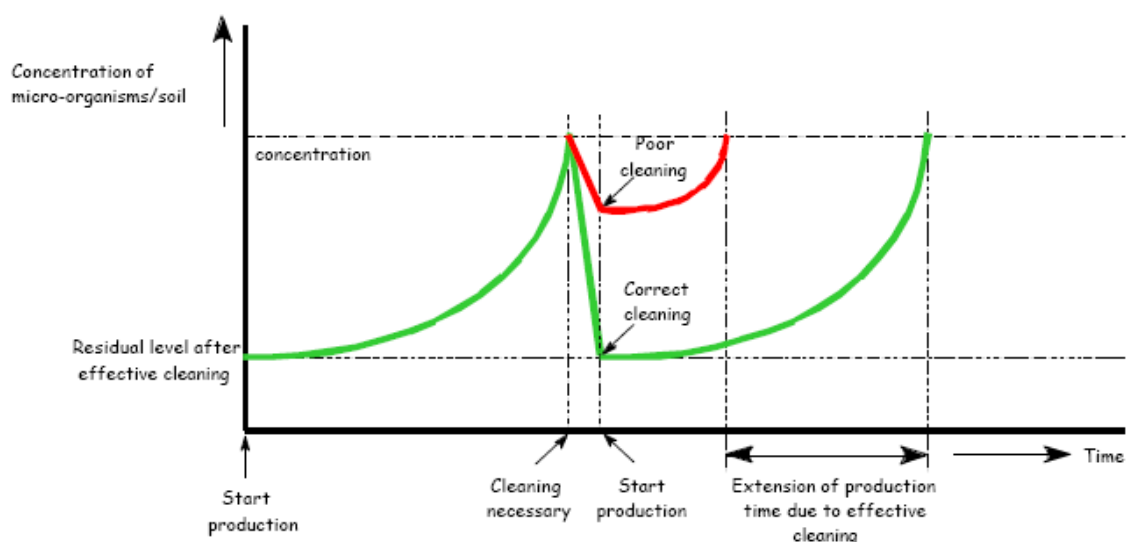


Abbildung 4: Auswirkungen der Effektivität der Reinigung auf die Produktionszeit
[Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, September 2004]

2.4.8 Ökonomische und umweltliche Aspekte der Reinigung

Die Reinigungskosten hängen nicht allein von den Reinigungskemikalien und dem verbrauchten Wasser ab, sondern auch von Faktoren wie Strom, Zeit des Stillstandes der Produktionsanlage, Abwasser und Arbeitsaufwand.

Generell ist es schwierig, spezifische Vorgaben in Bezug auf die Kosten einer Reinigung festzulegen, da diese je nach Anlage und Typ der Reinigung von verschiedenen Parametern abhängt. Allgemein lässt sich sagen, dass für Reinigungen an offenen Anlagen die höchsten Kosten durch den Stillstand der Anlage und dem Arbeitsaufwand entstehen. Diese Nachteile einer manuellen Reinigung machten die Implementierung von CIP Technologien unumgänglich, da diese signifikante Vorteile in der Reduktion der Prozesskosten hervorbrachten. Ein CIP Prozess bringt zwar zusätzliche Kosten für die Ausrüstung mit sich, diese werden während der Anwendungsphase jedoch ausgeglichen und minimiert.

Ein CIP Prozess hat verglichen zu einer manuellen Reinigung den Vorteil, dass eine verbesserte Hygiene erreicht werden kann und dabei Kosten gespart werden können. Außerdem kann mit einem geringeren Arbeitsaufwand gerechnet werden. Weiterhin wird eine erhöhte Arbeitssicherheit gewährt und Kosten des Abwassers minimiert. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, September 2004]

2.5 Desinfektion

Mit einer Desinfektion soll eine optimale Ausschöpfung der Nahrungsressourcen für den Menschen erreicht werden. Außerdem können mikrobielle Produktionsverfahren vor Fremdinfectionen geschützt werden und damit Störungen, die Verluste mit sich bringen würden, vorgebeugt werden. Generell wird durch eine Desinfektion vor mikrobiell bedingten Qualitätsminderungen und Verderb geschützt und die Haltbarkeitsgarantie gesichert. [Wildbrett, G. 2006]

2.5.1 Definition

Unter Desinfektion versteht man die Reduktion der Anzahl von Mikroorganismen zu einem akzeptablen Wert, der die Sicherheit und Qualität der Lebensmittel nicht negativ beeinflusst. Dies kann durch chemische und/oder physikalische Methoden erreicht werden.

Eine Desinfektion wird meistens nach der Reinigung durchgeführt, da viele Desinfektionsmittel durch die Anwesenheit von Verschmutzungen nur unzureichend wirken können. Möglichkeiten um eine Desinfektion durchzuführen bestehen zum Beispiel in der Anwendung von Wärme oder Chemikalien. Hohe Temperaturen töten Bakterien durch Denaturierung und Agglutination der bakteriellen Proteine ab. Chemikalien allerdings variieren in ihrem Mechanismus zum Töten der Bakterien. Für geschlossene Anlagen bietet sich die Anwendung von heißen Temperaturen an, wohingegen offene Flächen durch den Gebrauch von Chemikalien einfacher zu desinfizieren sind. Eine Desinfektion ist abhängig von der Konzentration, der Kontaktzeit, der Temperatur, der Anwesenheit von Verschmutzungen und Überresten des Produktes, der Wasserhärte sowie der Kombination mit anderen Chemikalien; außerdem hängt es von der Art der Mikroorganismen ab.

Besonders bei einem Stillstand der Anlagen (z.B. am Wochenende) muss einem Wachstum von Bakterien vorgebeugt werden. Diesem kann durch eine bakteriostatische Lösung, z.B. 0,3%ige Zitronensäure vermischt mit 0,1%ige Kaliumsorbat und Wasser, entgegengewirkt werden. Dieser Schritt vermeidet eine erneute Reinigung und Desinfektion vor einer erneuten Inbetriebnahme. [Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam, September 2004]

2.5.2 Desinfektionsmittel

Die wichtigsten chemikalischen Desinfektionsmittel sind u.a. Chlorkomplexe, Iodverbindungen, Ammoniumkomplexe, Peroxid-Verbindungen, Säuren und Basen sowie Amphotere.

Auf Chlor basierende Desinfektionsmittel können verschiedenste Mikroorganismen töten, indem sie die zellulären Bestandteile oxidieren. Wenn Chlor in Lösung gegeben wird, bildet sich meist Hypochlorige Säure, ein aktives

Biozid. Die antimikrobielle Aktivität dieser Säure hängt sehr vom pH-Wert ab – mit dem prozentualen Anstieg des Anteils des Chlors sinkt der pH-Wert ab. Unter alkalischen Bedingungen ist die Stabilität der Chlorlösungen allerdings höher. In der Praxis wird eine zufriedenstellende Wirkung der Desinfektion mit Chlorlösungen in einem milden alkalischen Milieu geschaffen.

Quartäre Ammoniumkomplexe sind ebenfalls gute Desinfektionsmittel. Diese Komplexe sind kationischer Natur. Eines der gebräuchlichsten Beispiele hierfür ist Alkyl-Dimethyl-Ammoniumchlorid. Ammoniumkomplexe agieren, indem sie die Permeabilität der Zellmembran beeinflussen und damit die Funktion der Zellen nachhaltig zerstören können. Ihre bakterizide Wirkung ist abhängig von der Härte des Wassers und der Anwesenheit von anderem organischen Material (Ablagerungen, Verschmutzungen). Sehr hartes Wasser und unpassende Konzentrationen können dazu führen, dass die Mikroorganismen gegen die chemischen Komplexe Resistenzen entwickeln. Ammoniumkomplexe wirken gegen vegetative Bakterien, Hefen und Schimmel, haben aber keinerlei Wirkung auf Sporen.

Eine der wichtigsten Vertreter der Peroxid-Verbindungen in Bezug auf ihre Verwendung als Desinfektionsmittel in der Lebensmittelindustrie ist die Peroxyessigsäure. Diese Säure oxidiert die Zellproteine und die Nukleinsäuren der Mikroorganismen besonders effektiv in einem sauren Milieu von pH-Werten zwischen drei und fünf. Um Bakterien, Hefen und Schimmel damit abzutöten, sollte die Konzentration der Reinigungsmischung zwischen 100-300 mg/l liegen und eine Einwirkzeit von zehn bis 20 Minuten bei Raumtemperatur gegeben sein. Um gegen Sporen vorgehen zu können, muss die Temperatur ($>40^{\circ}\text{C}$) und/oder die Konzentration der Lösung erhöht werden (600-1000 mg/l). Die Peroxyessigsäure wirkt gegen organische Rückstände besser als einige Chlorverbindungen. Bei deren Verwendung entstehen keine toxischen Nebenprodukte die ins Abwasser gelangen könnten. Durch seine oxidierende Wirkung wirkt diese Säure allerdings auch nachteilig, insbesondere auf Metalle. Eine gute Möglichkeit um die Komponenten der Mikroorganismen zu hydrolysieren, bietet die Anwendung von Säuren und Basen. Viele Mikroorganismen sind nicht pH tolerant und können somit in einem sehr sauren

bzw. sehr alkalischen Milieu abgetötet werden. Beide Stoffklassen können ihre Effektivität in Kombination mit hohen Temperaturen erhöhen. [Unilever Research and Engineering, Jan 2002]

2.6 Gesetzliche Regelungen

2.6.1 Allgemeine Regelungen

Das Lebensmittelhygienerecht in Deutschland ist durch die Einbindung der Europäischen Union und der dortigen Vereinheitlichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsländer starken Umbrüchen unterworfen (siehe Abb.5). [Keweloh, H. 2009]

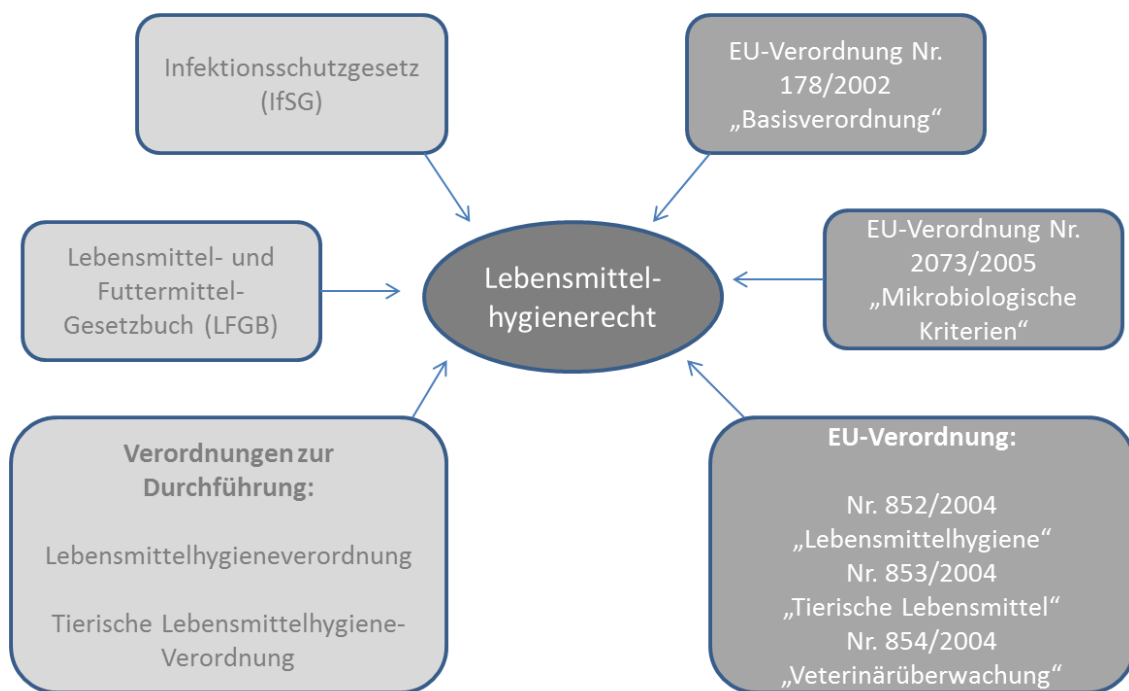


Abbildung 5: Lebensmittelhygienerecht in Deutschland

(hell: nationale Gesetzgebung, dunkel: direkt wirksame EU-Verordnung)
[Keweloh, H. 2009]

Allgemeine Regelungen sind im *Deutschen Lebensmittel-Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch* (LFGB) sowie in der *EU-Basis-Verordnung Lebensmittelrecht* (EG) beschrieben. Darin sind Verordnungen festgelegt, die

beschreiben, dass die Herstellung, Behandlung oder das Inverkehrbringen von Lebensmitteln die Gesundheit des Verbrauchers nicht gefährden darf (§5 LFGB). §11 des LFGB regelt das Verbot der Inverkehrbringung von Lebensmitteln, die in ihrer Brauchbarkeit (z.B. durch mikrobiellen Verderb) nicht unerheblich gemindert sind. Die *Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit* (EFSA) hat die Aufgabe der Risikobewertung in den Bereichen Lebensmittelsicherheit, Tiergesundheit, Tierschutz, Pflanzengesundheit, Ernährung und Gentechnik, Erhebung und Analyse von Daten, Betreiben des Schnellwarnsystems sowie Risikokommunikation.

In mehreren europäischen Verordnungen sind spezielle Anforderungen an die Lebensmittelhygiene und an die amtliche Überwachung geregelt. Die relevantesten Verordnungen sind u.a.: die Verordnung (EG) 852/2004 über Lebensmittelhygiene, Verordnung (EG) 853/2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs, Verordnung (EG) 854/2004 mit Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmte Erzeugnisse tierischen Ursprungs, sowie die Verordnung (EG) 882/2004 über amtliche Kontrollen im Bereich der Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit, sowie weitere Durchführungsbestimmungen. Ferner bestehen verschiedene europäische Bestimmungen über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel, z.B. die Verordnung (EG) 1441/2007.

Grundsätze der Verordnung (EG) 852/2004 sind u.a. die Gewährleistung einer guten Hygienepaxis auf allen Stufen der Lebensmittelkette einschließlich der Primärproduktion. Gefahren müssen frühzeitig identifiziert und angemessen bekämpft werden. Außerdem stellt diese Verordnung den Geltungsbereich für alle Lebensmittel einschließlich der tierischen Lebensmittel, sowie die Verpflichtung zum HACCP-Konzept mit der gesamten Dokumentation der HACCP-Maßnahmen.

Zusätzlich zu der EU-Verordnung sind Hygienevorschriften für die Primärproduktion und für alle Lebensmittelunternehmer aufgeführt. Außerdem werden allgemeine Vorschriften für bauliche Hygieneanforderungen,

Personalhygiene, Produkt- und Produktionshygiene, Reinigung und Desinfektion, Schädlingsbekämpfung und Schulung benannt. [Krämer, J. 2011]

2.6.2 Nationale Gesetzgebung

Die oben genannten EU-Verordnungen haben zu einer Anpassung des deutschen Hygienerechts geführt. Daher wurden folgende fünf Änderungsverordnungen erhoben: *Lebensmittelhygiene-Verordnung* (LMHV), *Tierische Lebensmittel-Hygiene-Verordnung* (Tier-LMHV), *Tierische Lebensmittel-Überwachungsverordnung*, Verordnung mit lebensmittelrechtlichen Vorschriften zur Überwachung von Zoonosen und Zoonoserregern (Zoonose-Verordnung) und die *Lebensmitteleinfuhr-Verordnung* (LMEV). Eine weitere Rolle als Sammlung von Leitsätzen, in denen Herstellung, Beschaffenheit oder sonstige Merkmale von Lebensmitteln, die für die Verkehrsfähigkeit der Lebensmittel von Bedeutung sind, spielt auch das *Deutsche Lebensmittelbuch*. Dessen Leitsätze sind jedoch keine Rechtsnormen, sondern haben eher den Charakter objektiver Sachverständigengutachten. [URL 11]

3 Material

3.1 Chemikalien

- 0,85%ige Kochsalzlösung
Zusammensetzung: Natriumchlorid
destilliertes Wasser

3.2 Medien

- *Plate-Count-Agar (PCA)* Caseinpepton-Glucose-Hefeextrakt-Agar
(Oxoid Ltd. Hampshire, Code CM0325)
Zusammensetzung:

| | |
|-------------------|---------|
| Pepton aus Casein | 5,0 g/l |
| Hefeextrakt | 2,5 g/l |
| Glucose | 1,0 g/l |
| Agar-Agar | 9,0 g/l |
| pH 7,0 ± 0,2 | |

- *Kristallviolett-Galle-Glucose-Agar (VRBD-Agar)* (Oxoid Ltd. Hampshire, Code CM0485)
Zusammensetzung:

| | |
|------------------|-----------|
| Hefeextrakt | 3,0 g/l |
| Pepton | 7,0 g/l |
| Natriumchlorid | 5,0 g/l |
| Gallensalze Nr.3 | 1,5 g/l |
| Glucose | 10,0 g/l |
| Neutralrot | 0,03 g/l |
| Kristallviolett | 0,002 g/l |
| Agar | 12,0 g/l |
| pH 7,4 ± 0,2 | |

- *Brilliance E.coli coliform selective Medium* (Oxoid Ltd. Hampshire, CM1046)

| | | |
|------------------|--------------------------------|----------|
| Zusammensetzung: | Pepton | 8,0 g/l |
| | Dinatriumhydrogenphosphat | 2,2 g/l |
| | Natriumchlorid | 5,0 g/l |
| | Kaliumdihydrogenphosphat | 1,8 g/l |
| | Natriumlaurylsulfat | 0,1 g/l |
| | Chromogener Mix (bestehend aus | |
| | Rose-Gal und X-Glu) | 0,35 g/l |
| | Agar | 10,6 g/l |
| | pH 6,7 ± 0,2 | |

3.3 Gerätschaften

- Sterile Wattetupfer (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen)

4 Methoden

4.1 Durchführung der Reinigung

4.1.1 Durchführung der Reinigung der Füllmundstücke

Nachdem die Produktion beendet war, fand unmittelbar eine Spülung der Füllmundstücke (siehe Abb. 6) mit Wasser statt.



Abbildung 6: Füllmundstücke [eigene Darstellung]

Bei diesem Vorgang sind die Spülzeiten veränderbar und wurden entlang der Versuchsreihe abgewandelt (siehe Tab. 9). Die anschließende CIP Reinigung verlief gemäß der Beschreibung in Kapitel 2.4.6 (CIP Reinigung). Da die Füllmundstücke nicht Teil des CIP Kreislaufs sind, fand für diese Aggregate eine verlorene Reinigung statt. Dafür wird die im Kreislauf verwendete Laugenlösung über die Füllmundstücke abgelassen. Auch diese Durchlaufzeiten sind variabel und wurden während der Versuchsreihe variiert (siehe Tab. 9). Nach jeder Wasser- als auch CIP-Spülung entsprechend der in Tabelle 9 dargestellten Spülzeitvariationen wurde eine viermalige Probenahme durchgeführt. Die Zeiten für eine Spülung mit Wasser schwanken dabei zwischen 240 und 90 Sekunden. Darauf folgende CIP-Spülzeiten bewegen sich zwischen einen Zeitraum von 30 bis 40 Sekunden.

Tabelle 9: Spülzeitvariationen

| Spülzeitvariation | Spülung mit Wasser (in sec) | CIP-Spülung (in sec) |
|--------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 240 | 40 |
| 2 | 180 | 30 |
| 3 | 90 | 30 |
| 4 | 90 | 40 |

4.1.2 Untersuchung der mikrobiologischen Belastung nach Reinigung und Standzeit

Um aufzuklären, ob nach der Reinigung und einer längeren Standzeit der Füllmundstücke eine erneute Reinigung vor der Produktion erforderlich ist, wurden die entsprechenden Aggregate beprobt. Dabei wurde eine Probenahme nach dem semiquantitativen Tupferverfahren nach Ablauf der Standzeiten von 24 bzw. 72 Stunden nach der Wasserspülung als auch nach der CIP-Spülung veranlasst.

4.2 Semiquantitatives Tupferverfahren

Die Abstriche wurden nach dem semiquantitativen Tupferverfahren (siehe Abb. 7) genommen. Zunächst wird der Tupfer mit einer sterilen 0,85%igen Kochsalzlösung befeuchtet und dann, so sieht es dieses Verfahren vor, über die mit einer sterilen Schablone markierte Fläche gestrichen. Von der Anwendung dieser Schablone war aus anlagentechnischen Gründen heraus allerdings abzusehen. Stattdessen fand die Probenahme an genau definierten Flächen statt. Bei den Füllmundstücken wurde einmalig mit dem Tupfer der inneren Oberfläche entlang gestrichen. Anschließend wurde der Watteträger des Tupfers in einem Gefäß mit zehn Milliliter einer Verdünnungslösung (0,85%ige Kochsalzlösung) elektromechanisch ausgeschüttelt. Von der erhaltenen 1:10 verdünnten Lösung wurde ein Milliliter mittels Plattengussverfahren mit ca. 10-15 ml des gewünschten Nähragars vermischt. Bei diesem Vorgang wurde zunächst die verdünnte Probe auf die sterile Petrischale pipettiert, bevor das ca. 48°C warme, keimspezifische Nährmedium darüber gegossen wurde. Durch fünfmaliges Schwenken der Petrischalen in gleichmäßigen Achterbewegungen

wurden beide Flüssigkeiten miteinander vermischt. Es erfolgt eine sofortige Abkühlung, dass Medium wurde fest. Nun wurden die Petrischalen im Brutschrank inkubiert. Bei der Verwendung des *PCA*-Mediums als auch des *VRBD-Mediums* betrug die Inkubationstemperatur jeweils 30°C. Die Zeit der Inkubation schwankte allerdings von 48 Stunden bei der Anwendung des *PC-Agars* bis zu 24 Stunden für den *VRBD-Agar*. Um die Selektion der *Escherichia coli* durchzuführen, wurde eine Oberflächenkultur mit *Brilliance E.coli coliform selective Medium* angesetzt. Nach der Probenahme wurde ein Milliliter der mit Kochsalzlösung verdünnten Probe mit einem Spatel auf dem Medium ausgestrichen und anschließend bei 37°C für 24 Stunden bebrütet.

Probenahme:

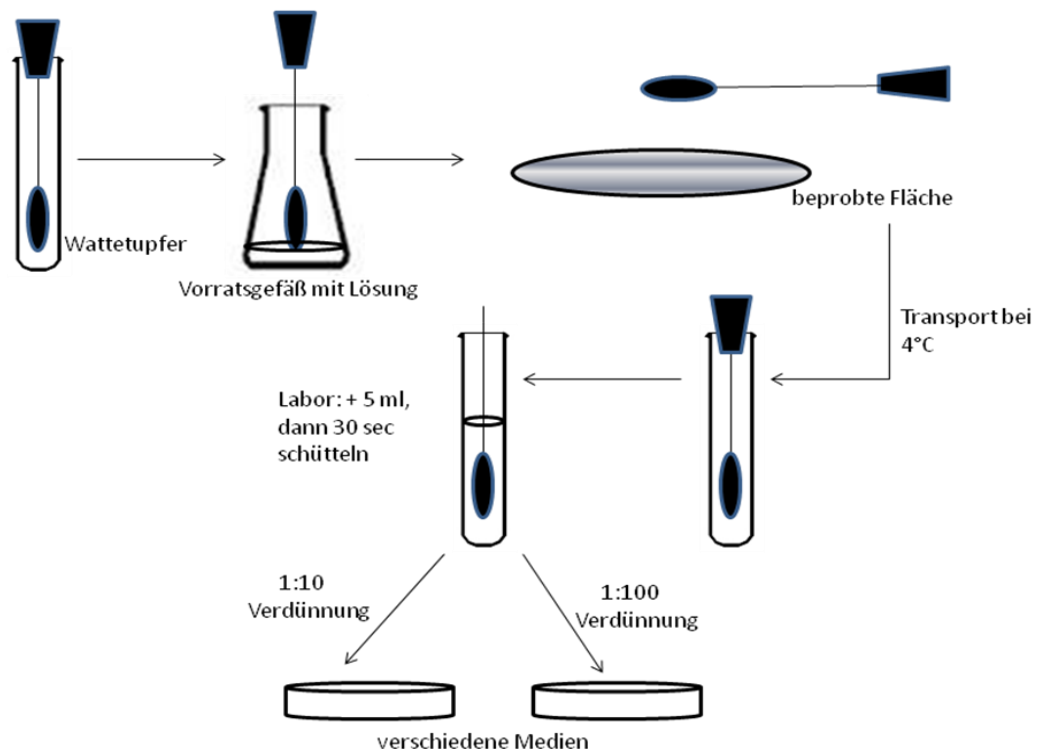


Abbildung 7: Tupfverfahren [nach Baumgart, J. 2004]

5 Ergebnisse

5.1 Ergebnisse der Reinigung der Füllmundstücke

Spülzeitvariation 1

In den nachfolgenden Tabellen (Tabellen 10-13) sind die Ergebnisse der Reinigung der Füllmundstücke dargestellt.

Für eine Wasserspülzeit von 240 Sekunden (siehe Tab. 10) liegt die Anzahl der koloniebildenden Einheiten für *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli* als auch für GKZ nach den ersten beiden Messungen bei bzw. unter zehn. Nach Durchgang der ersten CIP-Reinigung mit einer Dauer von 40 Sekunden blieben die Werte auf diesem Niveau. Auffällig ist jedoch, dass nach der zweiten CIP Reinigung mit dergleichen Dauer die Werte ansteigen und die Gesamtkeimzahl bei 2.800 KbE liegt. Auch die Werte für *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli* liegen mit Werten von 320 KbE bzw. 240 KbE weit über den vorher festgestellten zehn koloniebildenden Einheiten. Bei der dritten und vierten Wasserspülung sind die Werte der Gesamtkeimzahl etwas erhöht und liegen bei 80 bzw. 20 KbE. Nach der CIP-Spülung fallen diese aber auf unter 10 KbE ab.

Tabelle 10: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation1)

| Zeitpunkt der Probenahme | Wasser-Spülzeit (sec) | CIP Spülzeit (sec) | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|--|--------------------------------------|
| Nach Wasserspülung | 240 | - | 10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | | 40 | <10 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 240 | | <10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | 2.800 | 320 | 240 |
| Nach Wasserspülung | 240 | - | 80 | <10 | <10 |
| Nach CIP | | 40 | <10 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 240 | | 20 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | <10 | <10 | <10 |

In Abbildung 8 wird die grobe Abweichung des Ergebnisses des zweiten Messwertpaares der Wasserspülung besonders deutlich. Alle anderen Werte liegen im Gegensatz dazu auf einem weit niedrigeren Level. In drei von vier Messungen ist die Anzahl der Mikroorganismen nach der CIP-Spülung, vergleichsweise zu der Wasserspülung, geringer.

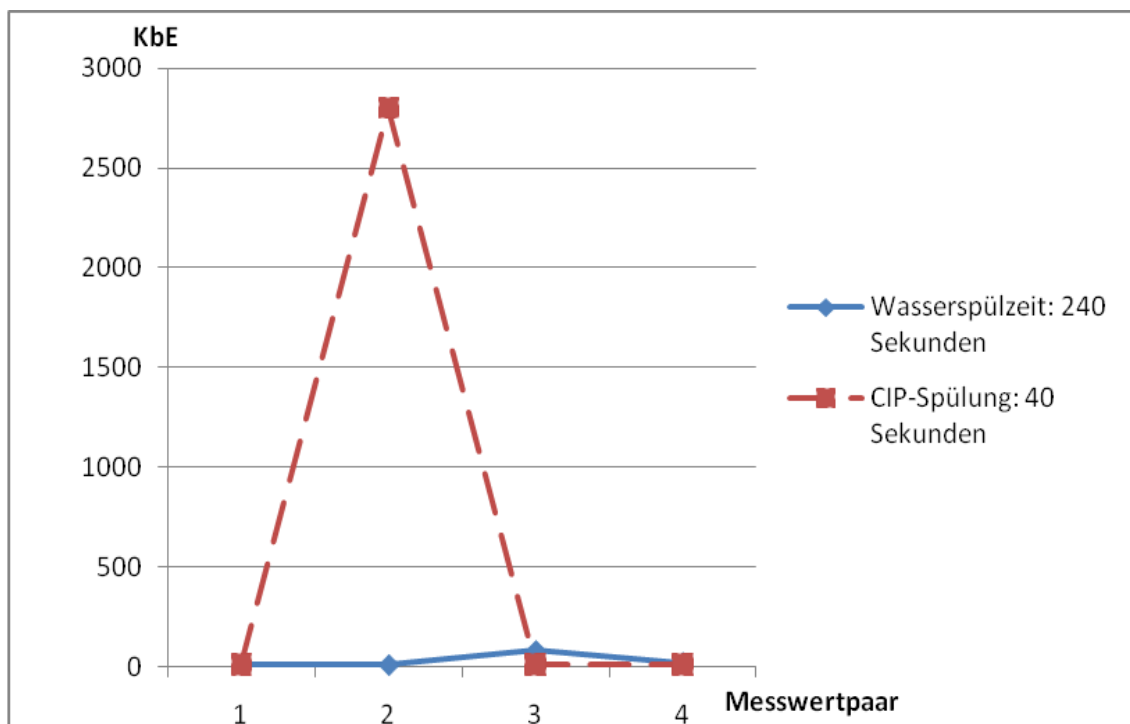


Abbildung 8: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 1

Spülzeitvariation 2

Alle festgestellten Ergebnisse der koloniebildenden Einheiten von *Escherichia coli* und den *Enterobacteriaceae* liegen für eine Wasserspülzeit von 180 Sekunden sowie einer CIP-Spülung von 30 Sekunden jeweils unter zehn (siehe Tab.11). Die Gesamtkeimzahl hingegen schwankt nach der Spülung mit Wasser zwischen Werten von unter zehn bis zu 70 KbE. Ähnlich verhalten sich die Ergebnisse nach der CIP-Spülung. Auffällig ist, dass in zwei der vier Messreihen die Werte nach der CIP-Spülung nicht geringer sind als nach der Spülung mit Wasser. Das ist nur bei einer Messung der Fall. Das vierte

Wertepaar hebt sich dadurch hervor, dass die Gesamtkeimzahl nach der CIP-Spülung doppelt so hoch ist wie davor.

Tabelle 11: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 2)

| Zeitpunkt der Probenahme | Wasser-Spülzeit (sec) | CIP Spülzeit (sec) | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|--|--------------------------------------|
| Nach Wasserspülung | 180 | - | 20 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | 40 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 180 | - | 50 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | 30 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 180 | - | <10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | <10 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 180 | - | 70 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | 70 | <10 | <10 |

Die Abhängigkeit des Wachstums der Kolonien für die Gesamtkeimzahl von dieser Wasser- bzw. CIP-Spülzeit ist in Abbildung 9 dargestellt. Durch die grafische Darstellung wird das oben beschriebene besser ersichtlich. Die Anzahl der koloniebildenden Einheiten nach der Wasserspülung von 180 Sekunden schwankt zwischen 20 und 70, während sich die nach der CIP-Spülung zwischen 40 und 70 bewegen. Jedes Messwertepaar, ausgenommen der letzten beiden Messungen, verhält sich in Bezug auf das Wachstum der Mikroorganismen andersartig.

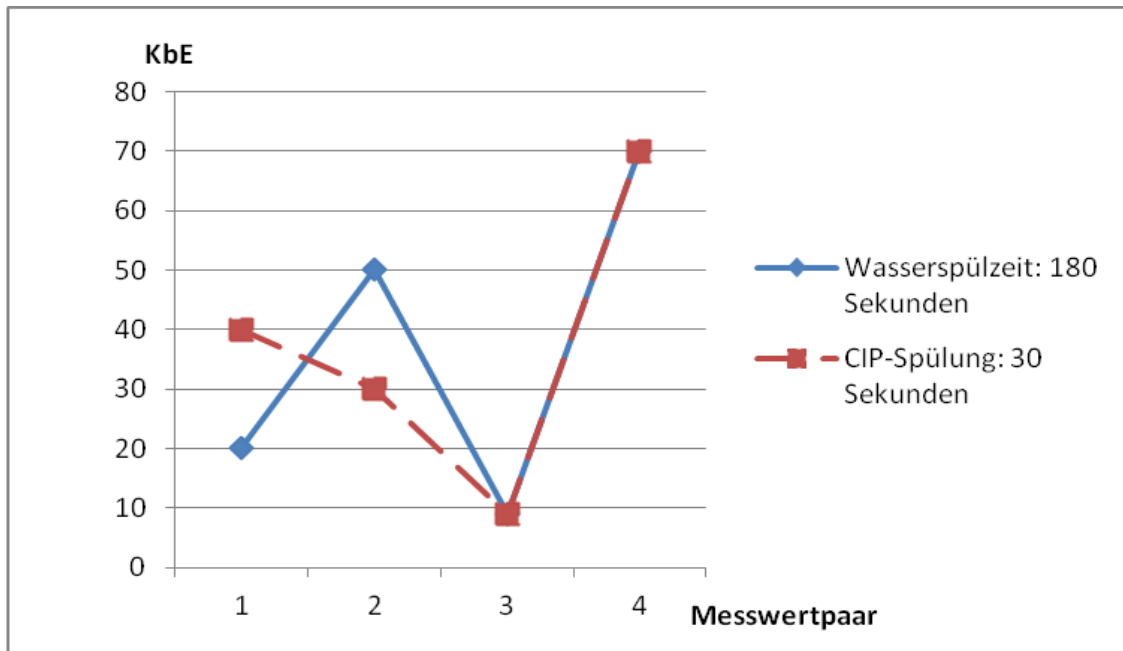


Abbildung 9: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 2

Spülzeitvariation 3

Die Untersuchung der Anzahl der koloniebildenden Einheiten an den Füllmundstücken nach einer Wasserspülzeit von 90 Sekunden ergab bei drei von vier Messwerten sowohl die Gesamtkeimzahl betreffend, als auch die für *Escherichia coli* und *Enterobacteriaceae*, eine Anzahl unter zehn (siehe Tab. 12). Bei der ersten Messung traten im Gegensatz dazu höhere Werte auf: die Gesamtkeimzahl beträgt 1400 KbE und die gemessenen Werte für *Escherichia coli* und *Enterobacteriaceae* liegen bei 150 bzw. 180 KbE. Nachfolgend ist dieser Zusammenhang als Diagramm dargestellt (siehe Abb. 10)

Tabelle 12: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 3)

| Zeitpunkt der Probenahme | Wasser-Spülzeit (sec) | CIP Spülzeit (sec) | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| Nach Wasserspülung | 90 | - | 1400 | 180 | 150 |
| Nach CIP | - | 30 | 640 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | <10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | 10 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | <10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | <10 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | 10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 30 | <10 | <10 | <10 |

Daraus ist erkennbar, dass das Wachstum der Mikroorganismen nach der CIP-Spülung für alle vier Messwertpaare nie höher ist als das nach der Wasserspülung. Drei Messwertpaare liegen sowohl nach der Wasserspülung als auch nach der CIP-Spülung unter einer Anzahl von 10 KbE. Das erste Messwertpaar weicht deutlich von diesem Ergebnis ab. Bei diesem Paar ist jedoch ein niedrigeres Ergebnis der koloniebildenden Einheiten nach der CIP-Spülung festzustellen.

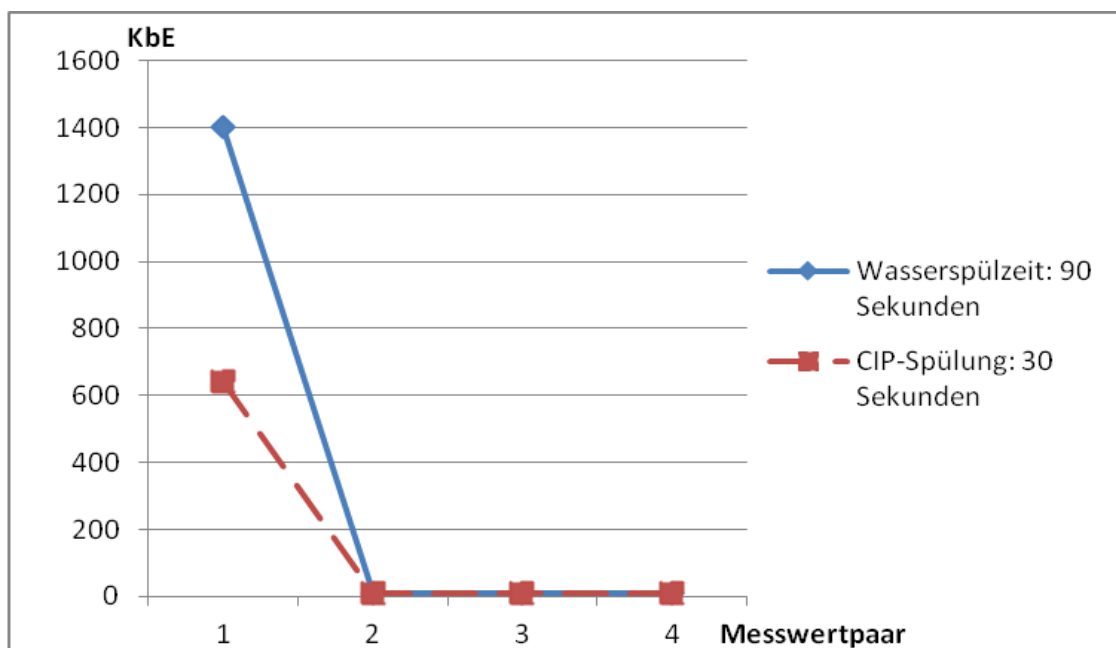


Abbildung 10: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 3

Spülzeitvariation 4

Nach einer 90-sekündigen Spülung mit Wasser bewegt sich die Anzahl der GKZ zwischen unter zehn bis 20 KbE (siehe Tab. 13). Die CIP Spülung bewirkt nur bei einem Messwertepaar eine Verringerung dieser Anzahl. Bei den restlichen drei Messwertpaaren steigt die Gesamtkeimzahl nach der CIP-Spülung von 20 auf 90 KbE, von unter zehn auf 30 KbE bzw. von 10 auf 1500 KbE. Die Anzahl der koloniebildenden Einheiten auf den Anlagenteilen bleibt im Gegensatz dazu bei allen vier Messwertpaaren für die Wasser- als auch die CIP-Spülung unter zehn.

Tabelle 13: Ergebnisse Reinigung der Füllmundstücke (Spülzeitvariation 4)

| Zeitpunkt der Probenahme | Wasser-Spülzeit (sec) | CIP Spülzeit (sec) | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|--|--------------------------------------|
| Nach Wasserspülung | 90 | - | 10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | 1500 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | 20 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | 90 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | <10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | 30 | <10 | <10 |
| Nach Wasserspülung | 90 | - | 10 | <10 | <10 |
| Nach CIP | - | 40 | <10 | <10 | <10 |

Aus der Darstellung (siehe Abb.11) geht unverkennbar hervor, dass die Ergebnisse der CIP-Spülung für die Erfassung der GKZ bei den ersten drei Messungen deutlich über denen der CIP-Spülung liegen. Nur die vierte Messung ergab einen geringeren Wert der koloniebildenden Einheiten im Gegensatz zu dem Wert nach der Wasserspülung.

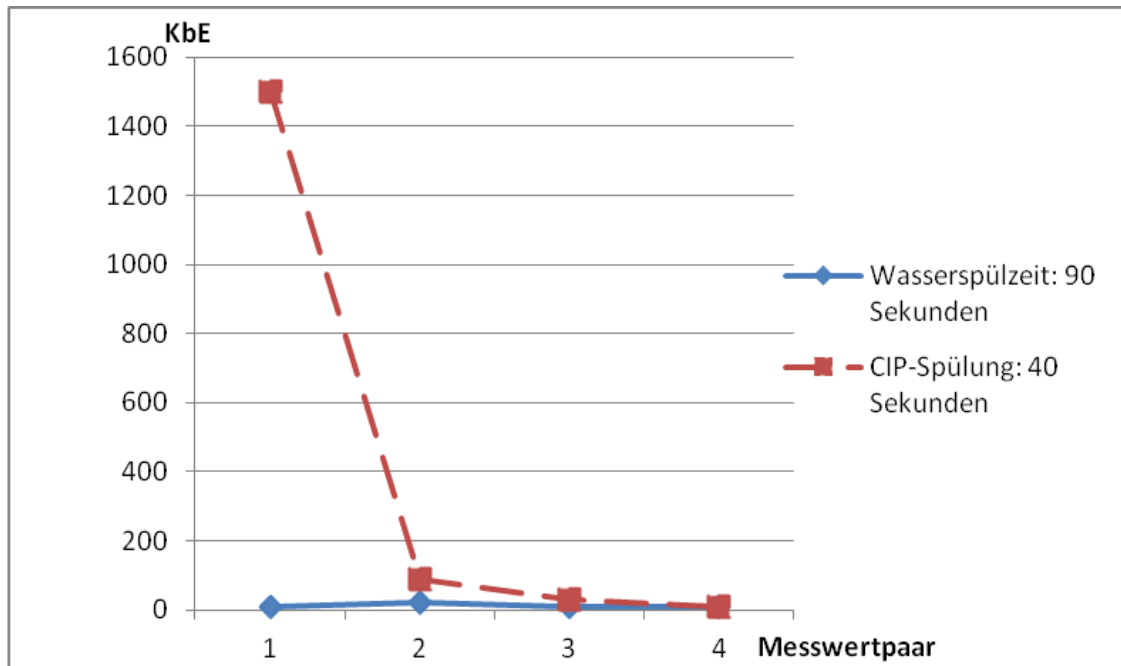


Abbildung 11: Darstellung des Wachstums der Mikroorganismen (GKZ) bei Spülzeitvariation 4

Vergleich der Wasserspülzeiten

In Abbildung 12 ist der Verlauf der Gesamtkeimzahl in Abhängigkeit der einzelnen Wasserspülzeiten dargestellt. Für die längeren Spülzeiten von 180 Sekunden bzw. 240 Sekunden ist der Verlauf nur geringen Schwankungen unterworfen. Der höchste Wert an koloniebildenden Einheiten liegt bei 80. Anders verhält sich der Kurvenverlauf der Spülzeit von 90 Sekunden: während des Spülgangs der Spülzeitvariation 4 (grüner Graph) ebenso niedrige Ergebnisse wie die der längeren Spülzeiten liefert, gibt es im Vergleich dazu bei der Spülung der Spülzeitvariation 3 (blauer Graph) einen groben „Ausreißer“, der sich in einem Ergebnis von 1400 KbE widerspiegelt.

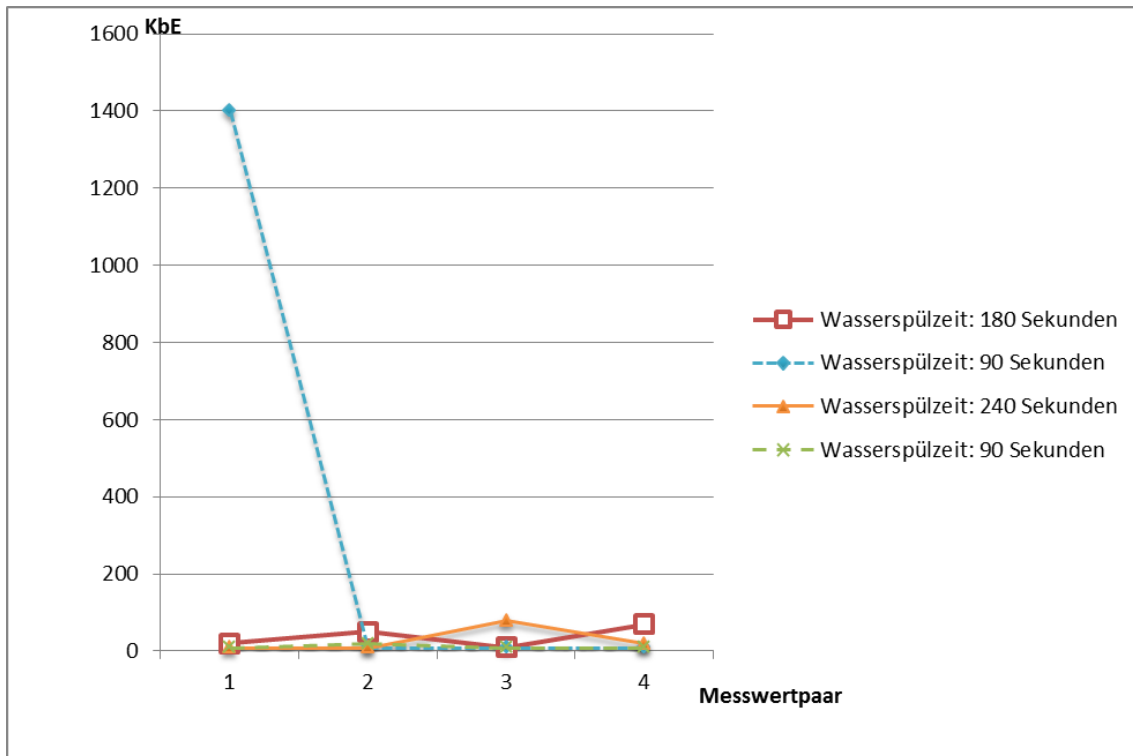


Abbildung 12: Darstellung der Ergebnisse (GKZ) der verschiedenen Wasserspülzeiten

Vergleich der CIP-Spülzeiten

In Abbildung 13 ist der Verlauf der Gesamtkeimzahl in Abhängigkeit der einzelnen CIP-Spülzeiten dargestellt. Für die beiden Spülzeiten sind jeweils zwei Graphen vorhanden, da sie nach unterschiedlichen Wasserspülzeiten durchgeführt wurden und somit andere Voraussetzungen hinsichtlich ihrer mikrobiellen Vorbelastung haben. Die rote Kurve konnte nach einer Spülzeit von 30 Sekunden sowie einer Wasserspülzeit von 180 Sekunden aufgezeichnet werden. Im Gegensatz zu dem blauen Graph, welchen dieselbe Spülzeit zugrunde liegt, allerdings eine kürzere Wasserspülzeit (90 Sekunden), verläuft die rote Kurve auf einem niedrigeren Niveau. Ein Wert der blauen Kurve weicht von dem restlichen Kurvenverlauf ab.

Der orange Graph, welcher eine CIP-Spülzeit von 40 Sekunden darstellt und für den eine Wasserspülzeit von 240 Sekunden vorausgesetzt ist, hat neben einen relativ harmonischen Kurvenverlauf einen starken „Ausreißer“ welcher im zweiten Messwertpaar auftritt. Dieser ist sogar höher als der, welcher bei derselben CIP-Spülzeit von 40 Sekunden und einer kürzeren Wasserspülzeit

von 90 Sekunden (grüne Kurve) auftritt. Der grüne Graph verläuft abgesehen von diesem einen Ausschlag ebenfalls relativ konstant.

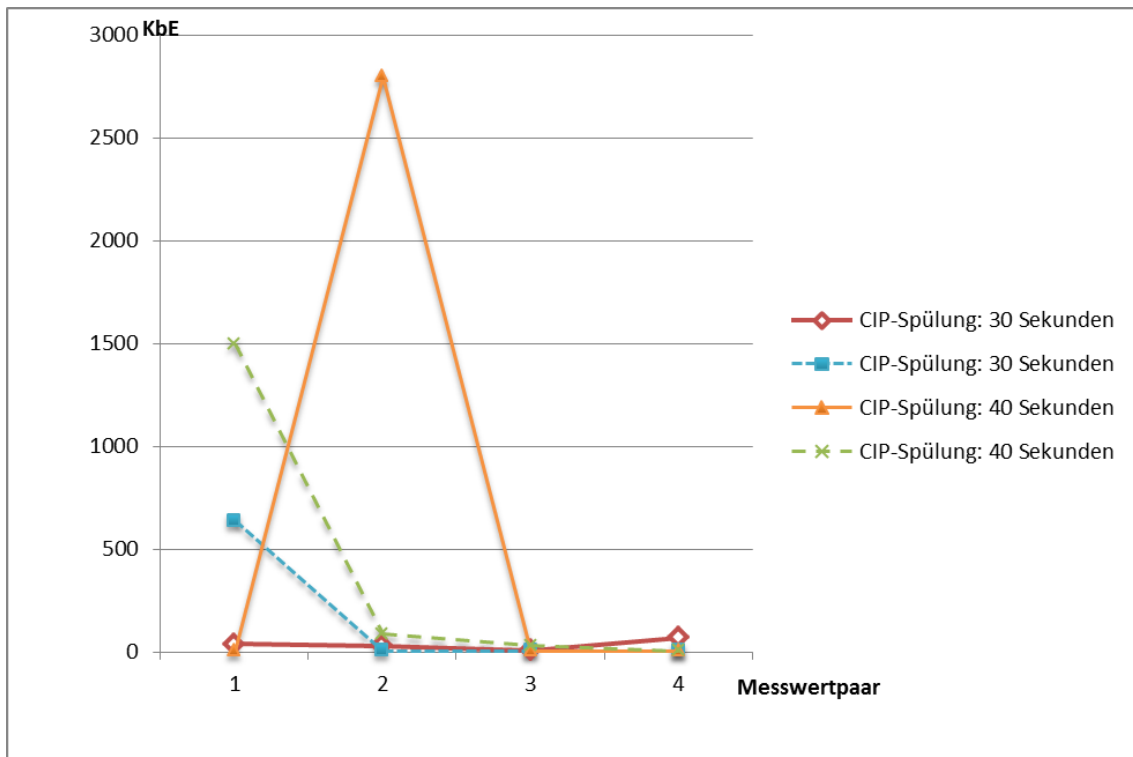


Abbildung 13: Darstellung der Ergebnisse (GKZ) der verschiedenen CIP-Spülzeiten

5.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Belastung nach Reinigung und Standzeit

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Belastung nach der Wasserspülung sowie einer Standzeit von einem bzw. drei Tagen aufgezeichnet. Vorausgesetzt wurde eine geringe mikrobielle Vorbelastung der Anlagenteile. Nach einem Tag waren an den Füllmundstücken jeweils unter zehn koloniebildenden Einheiten an *Enterobacteriaceae* sowie *Escherichia coli* nachzuweisen. Die Gesamtkeimzahl liegt unter diesen Bedingungen bei demselben Wert. Nach Ablauf von drei Tagen zeigten sich im Vergleich zu den zuvor festgestellten Ergebnissen in zwei von drei Probenahmen geringfügig höhere Werte von zehn bzw. 30 koloniebildenden Einheiten auf.

Tabelle 14: Ergebnisse nach Wasserspülung und Standzeit

| Standzeit | Welche Spülung? | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|-----------|-----------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 Tag | Wasserspülung | <10 | <10 | <10 |
| 1 Tag | | <10 | <10 | <10 |
| 1 Tag | | <10 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | 10 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | <10 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | 30 | <10 | <10 |

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse nach der Wasserspülung und entsprechender Standzeit grafisch dargestellt. Die Werte der zweiten Messung sind nach Ablauf von einem Tag als auch von drei Tagen identisch. Bei den restlichen Messungen ist die Belastung nach drei Tagen unwesentlich höher.

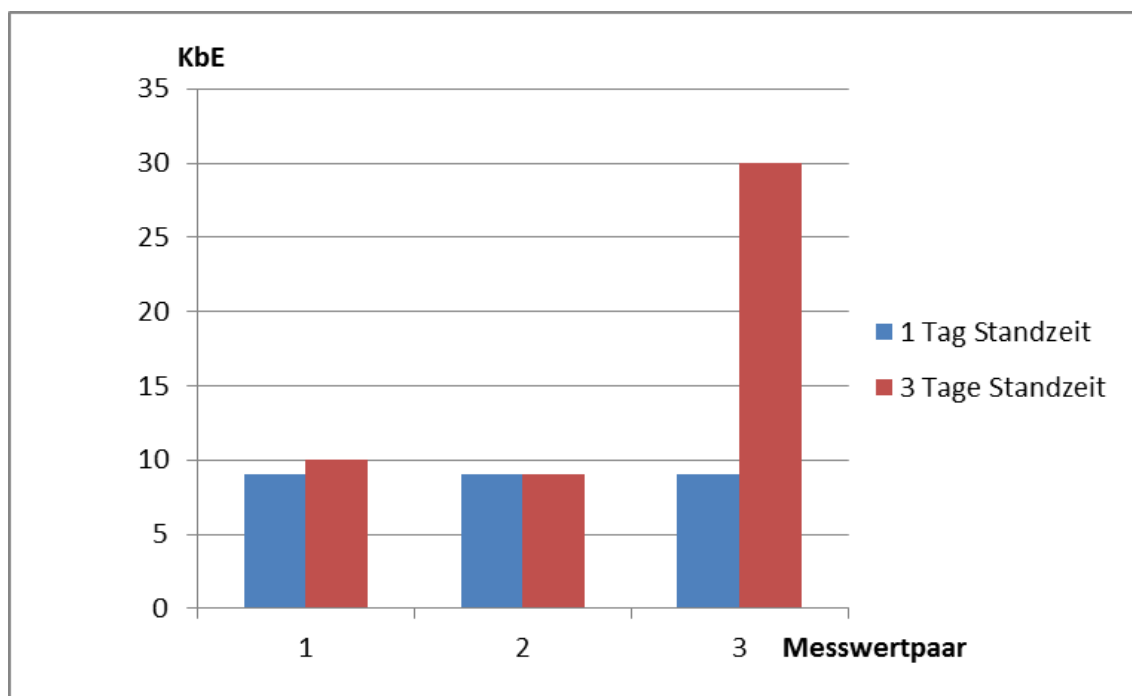


Abbildung 14: Ergebnisse (GKZ) der mikrobiologischen Belastung nach Wasserspülung und Standzeit

Die Ergebnisse nach der CIP-Spülung und einer definierten Standzeit sind in Tabelle 15 aufgeführt. Daraus geht hervor, dass bei jeder Probenahme, unabhängig von der Standzeit, die koloniebildenden Einheiten unter einer Anzahl von zehn liegen. In zwei der drei Messungen wurden nach einem Tag zehn koloniebildende Einheiten gezählt. Nach einer Standzeit von drei Tagen fielen diese Werte unter einer Anzahl von zehn ab. Der dritte vernommene Wert nach 24 Stunden liegt bei 20 koloniebildenden Einheiten, welcher sich auch nach vollständig abgelaufenen 72 Stunden nicht änderte.

Tabelle 15: Ergebnisse nach CIP-Spülzeit und Standzeit

| Standzeit | Welche Spülung? | GKZ (KbE) | <i>Enterobacteriaceae</i> (KbE) | <i>Escherichia coli</i> (KbE) |
|-----------|-----------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 Tag | CIP | 10 | <10 | <10 |
| 1 Tag | | 20 | <10 | <10 |
| 1 Tag | | 10 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | <10 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | 20 | <10 | <10 |
| 3 Tage | | <10 | <10 | <10 |

Diese Ergebnisse sind in Abbildung 15 grafisch dargestellt. Es ist gut erkennbar, dass sich das erste und letzte Messwertpaar in Bezug auf die Anzahl der koloniebildenden Einheiten der Gesamtkeimzahl nach Ablauf der zwei unterschiedlich langen Standzeiten identisch verhalten. Beim zweiten Messwertpaar wurde eine doppelt so hohe Belastung gemessen, welche auch nach einer längeren Standzeit von drei Tagen keine Veränderung der Anzahl der Kolonien zeigte.

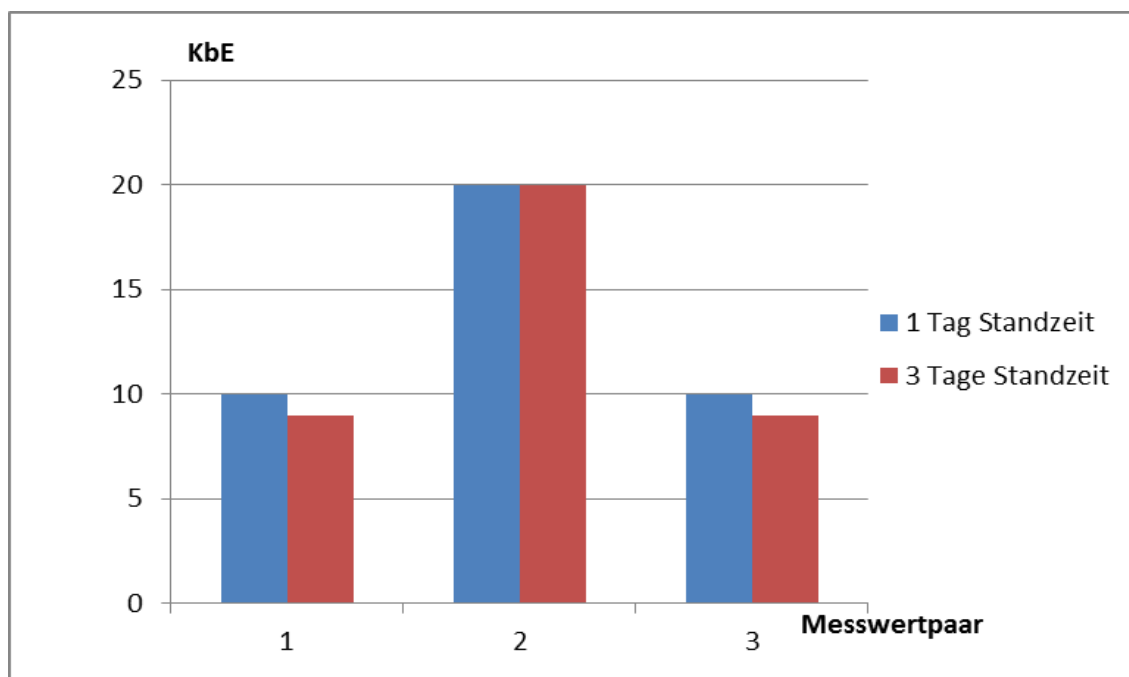


Abbildung 15: Ergebnisse (GKZ) der mikrobiologischen Belastung nach CIP-Spülung und Standzeit

6 Diskussion

6.1 Auswertung der Reinigung

6.1.1 Auswertung der Reinigung der Füllmundstücke

Spülzeitvariation 1

Die im Vergleich zum ersten Versuch relativ kurze Wasserspülzeit wirkt nur in geringem Maße positiv auf das gewünschte Ergebnis. Die Werte der GKZ liegen alle in einem akzeptablen Bereich, allerdings sind sie im Vergleich zu den Ergebnissen der Werte einer Spülzeit von 240 Sekunden nur im geringen Maße reduziert. Besonders verwunderlich ist die Tatsache, dass bei dem ersten Messwertepaar nach der CIP-Spülung mehr Mikroorganismen auf der Anlage vorhanden sind als nach der Wasserspülung. Da aber mit diesem Schritt eigentlich eine Desinfektion einher gelaufen ist, die ein Abtöten der Mikroorganismen mit sich gebracht haben sollte, ist dieses Ergebnis durchaus fragwürdig. Auch das dritte und letzte Messwertepaar zeigen deutlich, dass die CIP-Reinigung keinen Einfluss auf die Verringerung der Anzahl der Mikroorganismen hat. Gründe dafür können mit unsterilen Beprobungsmaterial zusammenhängen. Laut der *Greiner Bio-One GmbH* (2012) ist es keine Seltenheit, dass einer von 1000 Wattetupfern schon vorbelastet ist. Zwar werden die Tupfer unter sterilen Bedingungen hergestellt, jedoch lassen die Bestandteile wie Baumwolle und Holz nicht in jedem Fall eine Garantie für einen sterilen Zustand zu. Nur bei der zweiten Probenahme ist, wie zu erwarten ist, nach der CIP-Spülung ein geringerer Wert an koloniebildenden Einheiten nachzuweisen. Allerdings ist der Unterschied zu den vorher festgestellten 50 KbE vergleichsweise gering. Die koloniebildenden Einheiten der *Enterobacteriaceae* als auch *Escherichia coli* liegen in drei der vier Messung unter einem Wert von zehn. Die Belastung ist zwar gering, jedoch haben weder die Reinigung mit Wasser noch die CIP-Spülung einen Einfluss auf die Entfernung der Mikroorganismen. Besonders auffällig sind die Anzahlen der koloniebildenden Einheiten der *Enterobacteriaceae* sowie von *Escherichia coli*

nach der zweiten CIP-Reinigung. Nach dieser Desinfektion dürfte normalerweise die Anzahl der Organismen nicht höher sein als nach der Wasserspülung. Da die Anzahl dieser pathogenen Mikroorganismen aber für die Produktionshygiene von besonderer Bedeutung ist, sollten diese Werte weiterhin hohe Beachtung geschenkt werden. Die Kurve (Abb. 8) zeigt keinen konstanten Verlauf, so dass davon auszugehen ist, dass die Probenahme von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Die Temperatur spielt besonders während den Sommermonaten eine große Rolle, da sie die Vermehrung und das Wachstum der Mikroorganismen beschleunigt. Außerdem wurde bei jeder Messung die Anlage aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Eismixe von unterschiedlichen Verschmutzungen gereinigt, so dass davon auszugehen ist, dass die verschiedenen Rückstände der Eismixe auch spezifische Reinigungsbedingungen erfordern. Eine Spülzeit von insgesamt 210 Sekunden, wobei die Spülzeit mit Wasser 180 Sekunden beträgt und die CIP-Spülung 30 Sekunden, bringt durchaus zufriedenstellende Ergebnisse mit sich, die jedoch ebenfalls verbessert werden können.

Spülzeitvariation 2

Nach einer Wasserspülzeit von 180 Sekunden sind akzeptable Anzahlen koloniebildender Einheiten sowohl der Gesamtkeimzahl als auch der von *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli*. Durch die CIP-Spülung konnte in nur einem Fall eine Reduktion der Mikroorganismen festgestellt werden. Warum dies nach den vorherrschenden Bedingungen des zweiten Messwertpaars nicht zu vermerken war, bleibt rätselhaft. Eine Erklärung wäre bereits belastetes Beprobungsmaterial. Die Ergebnisse der CIP-Spülung sind jedoch annehmbarer als die nach der Spülzeitvariation 1 aufgetretenen.

Spülzeitvariation 3

Aus Abbildung 10 geht hervor, dass die CIP-Spülung durchaus einen Einfluss auf die Verringerung der Anzahl der Mikroorganismen hat. Besonders bei dem ersten Messwertpaar geht eine deutliche Reduktion der koloniebildenden Einheiten im Vergleich zu den nach der Wasserspülung festgestellten 1400 KbE

hervor. Jedoch kann auch hier kein Abtöten aller vorhandenen Mikroorganismen gewährleistet werden, was wieder zur Fragestellung des Nutzens der CIP-Spülung führt. Diese stellt sich jedoch nach der ersten Auswertung des Reinigungsverfahrens positiv dar: nachdem erhöhte Werte der *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli* nach der Wasserspülung festgestellt wurden, konnten diese nach der CIP-Spülung nicht mehr nachgewiesen werden. Die niedrigen Werte der GKZ als auch der für *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli* aller anderen Messwertpaare dieser Messreihe lassen auf eine effektive Reinigung schlussfolgern. Allerdings wäre es sinnvoll, die Messreihe fortzuführen, um durch eine höhere Anzahl an Ergebnissen eine handfestere Aussage über die Effektivität dieser Spülzeitvariation treffen zu können. Dadurch wird möglicherweise auch die grobe Abweichung des ersten Messergebnisses zu erklären sein.

Spülzeitvariation 4

Der Kurvenverlauf in Abbildung 11 ist als außergewöhnlich zu beschreiben. Die Anzahl der koloniebildenden Einheiten ist laut dem ersten Messwertpaar nach der CIP-Spülung um geschätzte 1500 Einheiten höher als nach der Wasserspülung. Das die mikrobielle Belastung nach einer Desinfektion höher ist als zuvor lässt sich nur durch vorbelastetes Beprobungsmaterial erklären. Selbiges gilt für die Messwertpaare zwei und drei. Nur beim vierten Messwertpaar ist die Anzahl der Mikroorganismen nach der CIP-Spülung wie gewünscht in einem geringeren Maße nachweisbar. Die Anzahl der koloniebildenden Einheiten von *Escherichia coli* und der *Enterobacteriaceae* liegt unter allen Spülbedingungen konstant unter einem Wert von zehn.

Vergleich der Spülzeitvariationen

In Anbetracht der Ergebnisse stellt sich die Frage, inwiefern eine CIP-Spülung überhaupt zur Steigerung der Effektivität einer Reinigung beitragen kann, da diese bei einer mikrobiellen Belastung nach der Wasserspülung nicht immer eine desinfizierende Wirkung nachweisen ließ. Daher muss die Wirksamkeit der verwendeten Reinigungsmittel, insbesondere der auf 85°C temperierten Lauge,

überdacht werden. Scheinbar ist die Wirkung des Abtötens der Mikroorganismen bei den aktuell vorherrschenden Bedingungen zu gering. Es ist jedoch erwiesen, dass hohe Temperaturen zum Abtöten der meisten Mikroorganismen führen, zumal es sich ohnehin um ein Desinfektionsmittel handelt. Die Ergebnisse der mikrobiellen Belastung nach der Wasserspülung lagen alle in einem akzeptablen Bereich, nur in wenigen Fällen konnte das Ergebnis durch eine CIP-Spülung verbessert werden. Ausgehend von den in dieser Thesis erlangten Ergebnissen könnte von einer CIP-Spülung abgesehen werden. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass auch andere zu entfernende Stoffe und Fremdkörper allein durch die Wasserspülung entfernt werden. In Hinblick auf die Einsparung der Ressourcen sollte zukünftig die Reinigung ebenfalls unter das Heranziehen von Untersuchungen auf Allergene und anderen kritisch zu beobachteten Stoffen betrachtet werden.

Insgesamt gesehen lässt sich aber sagen, dass alle erfassten Ergebnisse unterhalb aller vom Gesetz als auch von *Unilever* festgelegten Grenzwerte liegen und die Gewährleistung einer qualitativ hochwertigen Eiscremeproduktion gegeben ist.

Wider Erwarten fanden sich bei der kürzesten Wasserspülzeit von nur 90 Sekunden die wenigsten Mikroorganismen auf den Füllmundstücken wieder. Selbiges gilt für die CIP-Spülzeit: aus den Ergebnissen geht hervor, dass eine CIP-Spülzeit von 30 Sekunden ausreichend sein kann. Eine längere Spülzeit müsste sich eigentlich noch positiver auf ein Ergebnis einer mikrobiologischen Untersuchung auswirken, kann aber durch diese Thesis nicht bewiesen werden. Inwiefern eine noch kürzere Spüldauer das Ergebnis beeinflussen würde, könnte Grundlage einer weiteren Betrachtung dieser Thematik sein, denn der ökonomische Aspekt dahinter kann weiterhin optimiert werden.

Welche Spülzeiten am geeignetsten ist, lässt sich schwer sagen, da bei allen Messwertpaaren Schwankungen auftraten. Um dahingehend eine handfeste Aussage treffen zu können, müssten mehr Proben genommen werden um den Kurvenverlauf der Ergebnisse über einen längeren Zeitraum betrachten zu können. Dafür ist eine Sammlung von vier Messwertpaaren zu gering, sie können allerdings schon eine gute Grundlage legen und zeigen grobe Fehler

auf. Inwiefern es sich bei bestimmten Werten allerdings um Fehlmessungen handelt, kann ebenfalls nur ausgewertet werden, wenn eine höhere Anzahl an Ergebnissen vorliegt.

6.1.2 Auswertung der Untersuchung der mikrobiologischen Belastung nach Reinigung und Standzeit

In Anbetracht der Tatsache, dass nach einer Reinigung mit Wasser und anschließender Standzeit keinerlei Nährstoffe an den Füllmundstücken vorhanden sind, sind die Ergebnisse strittig. Besonders auffällig scheint das dritte Messwertpaar, bei dem die Anzahl der koloniebildenden Einheiten nach 72 stündiger Standzeit ein Dreifaches der Anzahl nach 24 stündiger Standzeit ist. Das würde bedeuten, dass auf der gereinigten Fläche nach längerer Standzeit die mikrobiologische Belastung zunimmt. Die beiden anderen Messwertpaare veranschaulichen jedoch einen anderen Zusammenhang, sodass davon auszugehen ist, dass die Standzeit einen geringen Einfluss auf das Wachstum von Mikroorganismen hat. Den Mikroorganismen wird nach einer Reinigung die Lebensgrundlage durch das Entfernen der Produktreste genommen, was mit einer Unterversorgung der Organismen einhergeht, darüber hinaus wird deren Fortbewegungsmöglichkeit durch eine anschließende Trocknung der Anlagenteile sehr eingeschränkt. Aus diesen Gründen ist davon auszugehen, dass eine längere Standzeit einen durchaus effektiven Effekt auf die Vermehrung der Mikroorganismen hat. Um jedoch eine genauere Aussage treffen zu können, sollte der Umfang der Messungen erhöht werden. Aus mikrobiologischen Gesichtspunkten heraus kann davon ausgegangen werden, dass die Füllmundstücke nach längerer Standzeit direkt für die Produktion eingesetzt werden können. Allerdings sollte beachtet werden, dass die Mundstücke mit anderen Verschmutzungsarten belastet sind wie Staub oder anderen nach der Standzeit anfallenden Ablagerungen. Ob die Mundstücke vor Inbetriebnahme erneut gereinigt werden müssen und in welchem Umfang dies stattfindet, ist noch zu klären.

Vergleichend zu den Füllmundstücken, welche mit Wasser gereinigt wurden, verhalten sich die Füllmundstücke aus der CIP-Reinigung hinsichtlich ihrer mikrobiologischen Belastung ähnlich. Allerdings ist die Belastung nach längerer Standzeit nie höher als nach einer Standzeit von 24 Stunden. Aufgrund des angewandten Tupfverfahrens muss auch bei dieser Messreihe mit Fehlern gerechnet werden. Zusammenfassend kann aber festgestellt werden, dass die Ergebnisse sehr akzeptabel sind, da stets eine sehr geringe Belastung vorherrschend ist, die weit unter jeglichen Grenzwerten liegt.

Durch diese Erkenntnisse kann es zu zeitlichen und ressourcenbedingten Einsparungen kommen. Die Mundstücke müssen aus mikrobiologischer Sicht nach einer längeren Standzeit nicht erneut gereinigt werden.

6.2 Bewertung der Methodik

Der Nachteil des Tupfverfahrens besteht darin, dass die Auswertung der Proben einige Zeit beansprucht, da die Proben entsprechend inkubiert werden müssen. Wenn also eine schlechte Reinigung stattfand und danach sofort neue Produkte an der Anlage hergestellt werden, kann eine Verschleppung der Mikroben in das Produkt erfolgen. Da die Auswertung der Ergebnisse der Probenahme nach der Reinigung aber mindestens einen Tag in Anspruch nimmt, kann die mikrobielle Reinheit der Produkte schon vor der Produktion nicht sicher gestellt werden. Allerdings kann die Produktion aus wirtschaftlichen Gründen heraus nicht so lang hinausgezögert werden bis die Ergebnisse vorliegen. Sofern die Ergebnisse erst nach der Produktion vorhanden sind, kann es durchaus zu Verlusten kommen und mit Sperrungen gerechnet werden, die verhindert werden könnten, wenn die mikrobielle Untersuchungen schneller ablaufen würden. Hinzu kommen der relativ hohe Arbeitsaufwand und der Bedarf fachlich geschulten Personals für die Durchführung der Untersuchungen. Die Forderung nach Schnellverfahren, um den Hygienestatus der Anlagen zeitnah bewerten zu können, erweist sich deshalb als sinnvoll. Durch die Biolumineszenztechnologie beispielsweise wurde ein solches Verfahren bereits entwickelt und findet in einigen Betrieben schon Anwendung. Nach Baumgart et al (2004) basiert dieser Test auf den Nachweis des in allen lebenden Zellen, aber auch in anderem organischen Material (z.B.

Produktreste) vorkommenden Nukleotids Adenosintriphosphat (ATP). Allerdings kann dieser Test keine genaue Aussage über das Vorhandensein von Mikroorganismen geben, da nicht zwischen bakteriellem Protein und Protein aus Lebensmittelrückständen unterschieden wird. [Trautsch, M. 2003]. Die Gesamtkonzentration an ATP auf einer Oberfläche und damit auch das Ergebnis der Effizienz der Reinigung, kann mit diesem Test schon nach wenigen Minuten festgestellt werden [Dostalek, P. et al 2004].

Das Tupferverfahren hat weiterhin den Nachteil, dass dessen Ergebnisse nicht mit den festgesetzten Grenzwerten für erlaubte Mikroorganismen vergleichbar sind. Denn sowohl die Grenzwerte aus der Kommission der EU, als auch die *Unilever*-Vorgaben, beziehen sich auf eine untersuchte Menge von einem Gramm. Bei der Probenahme durch den Tupfer wird jedoch keine bestimmte Menge untersucht. Das Ergebnis der Probe bezieht sich lediglich auf die abgestrichene Fläche, sodass sie nicht in Zusammenhang mit den Vorgaben gebracht werden können.

Die Ergebnisse nach den entsprechenden Spülzeitvariationen sind hinsichtlich ihrer Standardisierung kritisch zu diskutieren. Nach Wildbrett (1996) wird die Verwendung einer definierten Modellverschmutzung zur Kontrolle der Wirksamkeit von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen empfohlen. Durch diese Modelle kann eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse erreicht werden, allerdings wurde durch die fehlende Praxisnähe und der damit verbundenen Entfremdung des Versuchsziels von dieser Methode abgeraten. Eine Standardisierung konnte in Bezug auf die Rezepturen der Eismixe nicht realisiert werden, da die Proben zu unterschiedlichen Produktionszeiten genommen wurden und keine konstante Variation der Produkte gegeben war. Somit variierte die Art der Verschmutzung aufgrund unterschiedlicher Speiseeiszusammensetzungen.

Bezüglich der Lagerung der genommenen Proben muss der teilweise lange Aufenthaltszeitraum vor dem Ansetzen der Medien und der entsprechender Inkubation als kontrovers angesehen werden. Denn dieser Zeitraum lag oftmals

über dem empfohlenen Maximalwert von 24 Stunden [Krüger, S. et al 2010]. Daher lässt sich nicht vollständig ausschließen, dass eine bakterizide Wirkung aufgrund des Austrocknens des Tupfers erfolgte.

Die angewandten Reinigungsmittel lassen durchaus einige Schwachstellen offen, da sie hohen Anforderungen genügen müssen. Neben dem Schutz der Geräte und den Anlagenteile müssen sie auch gesetzlichen Auflagen nachkommen, sowie ökologische, ökonomische Aspekte berücksichtigen und den Schutz des Personals gewährleisten. All diese Ansprüche zu hundertprozentiger Zufriedenstellung zu erfüllen ist wirklichkeitsfern. [Krüger, S. et al 2010]

7 Ausblick

Aus den gewonnenen Ergebnissen wurde nachgewiesen, dass eine Reduktion der Spülzeiten bei der Reinigung nicht mit einer Verschlechterung des mikrobiologischen Zustands einhergeht. Daher kann in Zukunft die Reinigungsdauer verkürzt werden und damit auch Einsparungen aufgrund von einer geringeren Menge von verwendetem Wasser als auch Chemikalien getroffen werden. Diese Tatsachen sind für die Firma von großer ökonomischer Bedeutung.

Um die Bewertung eines Reinigungszykluses schneller durchleuchten zu können, sollte die Anwendung von Schnellverfahren überprüft werden. Hierfür könnten die Biolumineszenztechnologie oder ähnliche Verfahren in Erwägung gezogen werden. Dabei müssen sowohl Nach- als auch Vorteile dieser Methoden abgewogen werden sowie die Einfachheit, Handhabung und Reproduzierbarkeit der Tests beleuchtet werden.

Um die auf die Ergebnisse basierenden getroffenen Aussagen zu bekräftigen, sollte die Bearbeitung des Themas dieser Thesis zukünftig nicht aus dem Fokus verloren werden. Durch eine höhere Anzahl der Proben, möglicherweise auch in Abhängigkeit der Saisonalität genommen, können die erarbeitenden Angaben ausdrucksvoller dargestellt werden, um weitere Optimierungen ausführen zu können. Dabei ist desgleichen die Verfügbarkeit der Anlagen, als auch die Abhängigkeit der mikrobiologischen Ergebnisse von den Verschmutzungen zu beachten. Bei der Auswertung der Proben sollte eine längere Standzeit dieser vermieden werden und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Hinblick auf Standardisierung der Methoden beachtet werden. Auf jeden Fall muss der Hygienestatus, besonders das Vorkommen von *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli* weiterhin im Auge behalten werden und die Reinigungsprozeduren entsprechend angepasst werden, um weiterhin eine hervorragende Produktsicherheit gewährleisten zu können.

8 Zusammenfassung

Laut Verordnung (EG) 852/2004 ist es für Lebensmittelunternehmen Vorschrift, Gegenstände, Armaturen und Ausrüstungen, die mit den Produkten in unmittelbare Berührung kommen, gründlich zu reinigen und gegebenenfalls zu desinfizieren, um ein Kontaminationsrisiko zu unterbinden. Der Gesetzgeber verzichtet allerdings auf genaue Vorgaben, die ein Verfahren oder den Umfang einer Reinigung betreffen.

Zur Erhebung des mikrobiologischen Zustandes nach Durchführung der Reinigung an den Füllmundstücken wurde mit Hilfe des semiquantitativen Tupfverfahrens die Gesamtkeimzahl, als auch die Keimzahl der *Enterobacteriaceae* und *Escherichia coli*, bestimmt. Inhalt der Bestimmungen war die Probenahme nach vier unterschiedlich kombinierten Wasser- als auch CIP-Spülzeiten, sowie die Beprobung der gereinigten Füllmundstücke nach ein bzw. drei Tagen Standzeit. Die Ergebnisse der Versuchsreihen verdeutlichen, dass die Reinigung mit den variierenden Spülzeiten grundsätzlich in der Lage ist, die Füllmundstücke in einen produktionshygienisch einwandfreien Zustand zu versetzen. Der Höchstwert der Erfassung der Gesamtkeimzahl liegt bei maximal 2.800 KbE und liegt damit weit unter dem Grenzwert von zulässigen 100.000 KbE. Auch wenn einige abweichende Werte nachzuweisen waren, ist aufgrund der Datenmenge davon auszugehen, dass es sich dabei um „Ausreißer“ handelt. Die angewandten Verfahren erzielten ausreichende Ergebnisse, jedoch sollte hinsichtlich der gesetzlich verankerten Lebensmittelsicherheit dafür Sorge getragen werden, dass jegliches Kontaminationsrisiko für das Produkt ausgeschlossen wird. Um die Effektivität der Reinigungsbedingungen weiterhin zu optimieren, sollten die relevanten Produkt-, Prozess- und Anlagenspezifika in Zukunft hohe Beachtung geschenkt werden.

Die im Rahmen dieser Thesis gewonnenen Ergebnisse und der daraus geschlussfolgerten Erkenntnisse können als Verbesserungsgrundlage dienen und dadurch erhebliche Vorteile für das Unternehmen schaffen. Eine

Verkürzung der Wasserspülzeit als auch der CIP-Spülzeit auf ein Minimum von 90 bzw. 30 Sekunden kann durch die Resultate als legitim betrachtet werden und zur Einsparung der Ressourcen verhelfen. Ebenso wurde nachgewiesen, dass eine Standzeit der Füllmundstücke nach einer Reinigung das Wachstum von Mikroorganismen nicht begünstigt und somit nach erneuter Inbetriebnahme der Anlagenteile für Produktsicherheit aus mikrobiologischen Gesichtspunkten heraus garantiert werden kann. Die gezogenen Schlussfolgerungen können sich allerdings nur dann als hilfreich erweisen, wenn weiterhin an einer Ausschaltung der vermehrungsfördernden Faktoren entlang der gesamten Anlage gearbeitet wird und somit eine Rekontamination verhindert wird.

8 Summary

In accordance to the order 852/2004 developed by the EG, it is required for food processing companies to clean all objects, armatures and equipment which are in direct contact to the product in a efficient way and even disinfect them, if necessary, to avoid the risk of contamination. However, the law is not commanding the technique or extent of the cleaning process.

To detect the microbial status after execution of cleaning at the filling nozzles, the bioburden, the number of colonies of *Enterobacteriaceae* and *Escherichia coli* was determined by use of the semi-quantitative swab method. The samples were taken after four different combined times of flushing concerning water and CIP. Furthermore, the sampling after holding time about one and three days after cleaning was accomplished. It is shown by the results that the applied cleaning process with varying times of flushing delivers a hygienic satisfying state. The maximum of the recognized bioburden was at a level of 2.800 colony forming units, which is less than the critical value about 100.000 colony forming units commanded by the *Unilever* specification. Even if there are some measured differing values, they can be called exception, because of the high number of data. All in all it can be said, that the applied cleaning methods provide sufficient results. However, the risk and source of contamination should be controlled in a deeper way to assure a perfect quality of the products and to fulfill the demands given by law. For the improvement of effectiveness of cleaning conditions there should be paid a higher attention to the specifications of products, processes and facilities.

The results based on this thesis and the gained knowledge can be the base for improvements and obtain a great benefit for the company. A shortening of the flushing time for both, water and CIP, with a minimal time about 90 or rather 30 seconds can be applied legitimately and lead to a saving of the resources.

There is a proof, that the holding time of the filling nozzles after cleaning is not improving growing of microorganisms. That means that parts of facilities are not to be cleaned before beginning of a new operation out of a microbiological point of view. The conclusion drawn by the results have to be connected to an

awareness of factors which are favoring contaminations. These factors have to be reduced to a minimum and be observed along the whole facility for the sake of product safety.

Literaturverzeichnis

Internetquellen

URL 1 (14.06.2012) FKLMH e.V. Fachkreis-Lebensmitteltechnologie: *Reinigung und Desinfektion*

URL: <http://www.fachkreis-lebensmittelhygiene.de/index.php?menuid=22>

URL 2 (11.06.2012) Johnson Diversey Austria Trading GmbH, Tel. 01/60557 841: *Sicherheitsdatenblatt*

URL: http://msds.johnsondiversey.at/sichdb/MSDS_neue%20Adresse/Lebensmittelindustrie/Hypofoam%20VF6.pdf

URL 3 (11.06.2012) Johnson Diversey Austria Trading GmbH, Tel. 01/60557 841: *Sicherheitsdatenblatt*

URL: http://msds.johnsondiversey.at/sichdb/MSDS_neue%20Adresse/Lebensmittelindustrie/Hypoclean%20VK38.pdf

URL 4 (11.06.2012) Ecolab Deutschland GmbH, Tel +49 (0)211 9893 0: *Sicherheitsdatenblatt P3-horolith CIP*

URL: http://www.zehner-agrar.de/sicherheitsdatenblaetter/sdb/sdbs/500/sd_p3-horolith_cip_20080130.pdf

URL 5 (12.06.2012) Ecolab Deutschland GmbH, Tel +49 (0)211 9893 0/ Commercial-Services.de@ecolab.com: *Sicherheitsdatenblatt P3-Paradigm 10*

URL: <http://www.sicherheitsdatenblatt-suche.de/hersteller-lieferanten/firmen-mit-dem-buchstaben-e/ecolab/sicherheitsdatenblatt/jul-w.html>

URL 6 (11.06.2012) Johnson Diversey Austria Trading GmbH, Tel. 01/60557 841: *Sicherheitsdatenblatt*

URL: http://msds.johnsondiversey.at/sichdb/MSDS_neue%20Adresse/Lebensmittelindustrie/EnduroChlor%20VE5.pdf

URL 7 (14.06.2012) University of Guelph: *Ice Cream Manufacture*

URL: <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>

URL 8 (12.06.2012) *Pasteurisation, Pasteurisieren*

URL: <http://www.lebensmittellexikon.de/p0000200.php>

URL 9 (12.06.2012) University of Guelph: *Pasteurization*

URL: <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/pasteurization.html>

URL10 (09.07.2012) Bundesministeriums der Justiz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH: *Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischen Zwecken (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung - ZZuV)*, am 21.5.2012 aktualisiert

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/zzuv_1998/gesamt.pdf

URL 11 (05.07.2012) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, DLMBK@bmelv.bund.de: *Das Deutsche Lebensmittelbuch*

URL: <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Ernaehrung/SichereLebensmittel/Kennzeichnung/Lebensmittelbuch/DeutschesLebensmittelbuch.html>

URL12 (09.07.2012) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und /LeitsaetzeSpeiseeis.pdf Verbraucherschutz: *Leitsätze für Speiseeis und Speiseeishalberzeugnisse*

URL: <http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/379786/publicationFile/22135>

URL 13 (08.08.2012) Oxoid Limited, oxoid.orders@thermofisher.com: *BRILLIANCE E. COLI / COLIFORM SELECTIVE AGAR*

URL: http://www.oxoid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM1046&org=71&c=UK&lang=EN

Dokumente

Bobbe, Ulrich; Wildbrett, Gerhard (2006): *Anforderungen an Werkstoffe und Werkstoffoberflächen bezüglich Reinigbarkeit und Beständigkeit*. Chemie Ingenieur Technik, No. 11.1615-1622

Dostalek, Pavel; Branyik, Tomas (2004): *Prospects for Rapid Bioluminescent Detection Methods in the Food Industry – a Review*. Czech J. Food Sci. Vol. 23, No. 3: 85–92

Espada, Elena (Januar 2009): *Cleaning and Disinfection Validation Master Plan.*

Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim
(Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Kommission der Europäischen Union (November 2005): *Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel*

Unilever Foods Quality Assurance Group Rotterdam (September 2004): *Cleaning and disinfection in food processing plants.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever Research and Development Vlaardingen (Dezember 2004): *Simple guide to cleaning and disinfection in food processing plants.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever Research and Engineering (Januar 2002): *Cleaning principles for open and closed processes.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever (November 2010): *Ice Cream Good Manufacturing Practice.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever (2009): *Werkspräsentation.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever (2012): *Schaumkanone.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever (2006): *Standardanweisung Mikrobiologie- Bestimmung von Enterobacteriaceae.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Unilever (2003): *Standardanweisung Mikrobiologie- Bestimmung der mesophilen aeroben Keimzahl.* Firmeninterne Dokumente der Unilever Deutschland GmbH, Werk Heppenheim (Langnesestraße 1, 64646 Heppenheim)

Bücher

Arbuckle, W.S.; Frandsen, J.H. (1961): *Ice Cream and Related Products*, 1. Auflage, AVI Publishing Westport

Baumgart, J. (2004): *Mikrobiologische Untersuchungen von Lebensmitteln*, 5. Auflage, Behrs Verlag Hamburg

Gottschalk, G. (2012): *Bakterien rüsten auf*, 1. Auflage, Wiley VCH Verlag Weinheim

Keweloh, H. (2009): *Mikroorganismen in Lebensmitteln*, 3. Auflage, Fachbuchverlag Pfanneberg Haan-Gruiten

Krämer, J. (2011): *Lebensmittelmikrobiologie*, 6. Auflage, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Krömker, V. (2006): *Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene*, Parey in MVS Medizinverlage Stuttgart

Krüger, S.; Zschaler, R. (2010): *Reinigung und Desinfektion- Kommentar zu DIN 10516*, 2. Auflage, Beuth Verlag Berlin

Nieslony, S.; Boß, K. (2010): *Lebensmittelhygiene- Internationale Standards und Richtlinien*, 2. Auflage, Behrs Verlag Hamburg

Timm, F. (1985): *Speiseeis*, 1. Auflage, Paul Parey, Berlin

Vollmer, G. (1995): *Lebensmittelführer*, 1. Auflage, Wiley VCH Verlag Weinheim

Wildbrett, G (1996): *Reinigung und Desinfektion in der Lebensmittelindustrie*, 1. Auflage, Behrs Verlag Hamburg

Wildbrett, G (2006): *Reinigung und Desinfektion in der Lebensmittelindustrie*, 2. Auflage, Behrs Verlag Hamburg

Dissertation

Mahler, Caroline (2004): *Untersuchung zur hygienischen und mikrobiologischen Qualität von marinierten Fleischzubereitungen zur Festlegung von Richtwerten bei der Kontrolle des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD).* 148. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztlichen Fakultät, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

Trautsch, Michaela (2003): *Eignung eines neuen Schnelltests zur Prüfung der Oberflächenreinheit im Rahmen betrieblicher Eigenkontrollen in Lebensmittelbetrieben.* 120. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztlichen Fakultät, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

Ziegler, Eva (2009): *Untersuchungen zum Nachweis und zum Vorkommen von Clostridium estertheticum in vakuumverpacktem Rindfleisch.* 120. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztlichen Fakultät, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

Ziermann, Anja (2005): *Mikrobiologische Kriterien für Milch, Milchprodukte und andere Lebensmittel in Europa.* 152. München, Ludwig-Maximilians-Universität, Tierärztlichen Fakultät, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

Persönliche Mitteilung

Greiner Bio-One GmbH (2012): *Persönliche Mitteilung über die Sterilität der Wattetupfer.* Persönliche Mitteilung der Greiner Bio-One GmbH, Maybachstrasse 2, 72636 Frickenhausen, Telefon: 49 7022 948-0

Anhang

Anhang A: Dosierstufen Schaumkanone

Tabelle 16: Dosierstufen der Schaumkanone [Unilever, 2012]

| Dosierstufen V8 | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|------|------|
| | A | B | C | D | E |
| Verdünnung | 1:128 | 1:64 | 1:32 | 1:20 | 1:10 |
| Konzentration | 0,78% | 1,56% | 3,12% | 5% | 10% |
| Dosierstufen V10 | | | | | |
| | A | B | C | D | E |
| Verdünnung | 1:3 | 1:4 | 1:6 | 1:9 | 1:10 |
| Konzentration | 33% | 25% | 16% | 11% | 10% |

Anhang B: Sicherheitsdatenblätter






2 Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen

· Chemische Charakterisierung

· Beschreibung:

Mischung aus nachfolgend in diesem Blatt beschriebenen Komponenten mit ungefährlichen Beimengungen.

· Gefährliche Inhaltsstoffe:

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|-------|
| CAS: 1310-73-2 EINECS: 215-185-5 | Natriumhydroxid |  C; R 35 | 5-15% |
| CAS: 7681-52-9 EINECS: 231-668-3 | Natriumhypochloritlösung |  C,  N; R 31-34-50 | <5% |
| CAS: 70592-80-2 EINECS: 274-687-2 | C10-C16 alkyl dimethylaminoxid |  Xi,  N; R 38-41-50 | <5% |

· Inhaltsstoffdeklaration gemäß DetergentienVO 648/2004

| | |
|---|------|
| Phosphonate, Bleichmittel auf Chlorbasis, Nichtionische Tenside | < 5% |
|---|------|

· Anwendungsbereich:

· Zusätzliche Hinweise: Nur für gewerbliche Anwendung.

9 Physikalische und chemische Eigenschaften

· Allgemeine Angaben

Form: flüssig
Farbe: gelblich
Geruch: nach Chlor

· Zustandsänderung

Schmelzpunkt/Schmelzbereich: Nicht bestimmt.

Siedepunkt/Siedebereich: Nicht bestimmt.

· Flammpunkt: Nicht anwendbar.

· Selbstentzündlichkeit: Das Produkt ist nicht selbstentzündlich.

· Explosionsgefahr: Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich.

· Dichte bei 20°C: 1,17 g/cm³

· Löslichkeit in / Mischbarkeit mit

Wasser: vollständig mischbar

· pH-Wert: pH > 12.5

Abbildung 16: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt Hypofoam VF6 [URL 2]

2 Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen

· **Chemische Charakterisierung**

· **Beschreibung:**

Pulver bestehend aus nachfolgend in diesem Blatt beschriebenen Komponenten mit ungefährlichen Beimengungen.

· **Gefährliche Inhaltsstoffe:**

| | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|-------|
| CAS: 497-19-8 EINECS: 207-838-8 | Natriumcarbonat |  Xi; R 36 | ≥30% |
| CAS: 6834-92-0 EINECS: 229-912-9 | Natriummetasilikat |  C; R 34-37 | 5-15% |
| CAS: 85117-50-6 EINECS: 285-600-2 | Natriumalkylbenzolsulfonat |  Xn; R 22-38-41 | <5% |
| CAS: 51580-86-0 EINECS: 220-767-7 | Natriumdichlorisocyanurat-dihydrat |  Xn,  N; R 22-31-36/37-50/53 | <5% |

· **Inhaltsstoffdeklaration gemäß DetergentienVO 648/2004**

| | |
|--|----------|
| Phosphate | 15 - 30% |
| Anionische Tenside, Bleichmittel auf Chlorbasis, aliphatische Kohlenwasserstoffe | < 5% |

· **Anwendungsbereich:**

· **Zusätzliche Hinweise:**

Nur für gewerbliche Anwendung.

9 Physikalische und chemische Eigenschaften

· **Allgemeine Angaben**

| | |
|---------|--------------------|
| Form: | Pulver |
| Farbe: | weiß |
| Geruch: | schwach nach Chlor |

· **Zustandsänderung**

Schmelzpunkt/Schmelzbereich: Nicht bestimmt

Siedepunkt/Siedebereich: Nicht anwendbar

· **Flammpunkt:** Nicht anwendbar, weil Feststoff

· **Selbstentzündlichkeit:** Das Produkt ist nicht selbstentzündlich.

· **Explosionsgefahr:** Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich.

· **Dichte:** Nicht bestimmt

· **Schüttdichte bei 20°C:** ca. 1000 kg/m³

· **Löslichkeit in / Mischbarkeit mit**

Wasser bei 20°C: > 50 g/l

· **pH-Wert:** 11.5 < pH (1%) ≤ 12.0

Abbildung 17: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt *Hypoclean VK38* [URL 3]

3. Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen

Inhaltsstoffangabe gemäß Detergentienverordnung 648/2004 EG:

<5% nichtionische Tenside

Stoff/Zubereitung : Zubereitung

| Name des Inhaltsstoffs | EINECS | CAS | % | Einstufung |
|---|-----------------------|-----------|----------------------|------------------------------|
| Phosphorsäure Fettalkoholethoxylate > C15 en \neq < 5EO Siehe Abschnitt 16 für den vollständigen Wortlaut der oben angegebenen R-Sätze | 231-633-2 Polymer. | 7664-38-2 | 30 - 50 0.5 - 1.0 | C; R34 Xn; R22 Xi; R41 |

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Allgemeine Angaben

Aussehen

Physikalischer Zustand : Flüssigkeit.
Farbe : Farblos.
Geruch : Schwacher Geruch.

Wichtige Angaben zu Gesundheit, Sicherheit und Umwelt

pH : 1 (100%)
Siedepunkt : >100 °C
Schmelzpunkt : Nicht verfügbar.
Flammpunkt : > 100°C
Entzündbarkeit (Feststoff,
Gas) : Nicht anwendbar.
Explosionseigenschaften : Nicht anwendbar.
Explosionsgrenzen : Nicht anwendbar.
Oxidationseigenschaften : Nicht verfügbar.
Dampfdruck : Nicht anwendbar.
Relative Dichte : 1.28 g/cm³ (20 °C)
Löslichkeit : Leicht löslich in kaltes Wasser, heißem Wasser.
Oktanol-/Wasser-
Verteilungskoeffizient : Nicht anwendbar.

Abbildung 18: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt *P3-horolith CIP* [URL 4]

3. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

Inhaltsstoffangabe gemäß Detergentienverordnung 648/2004 EG:

≥15 - <30% nichtionische Tenside

enthält Enzyme

enthält Konservierungsmittel: (Monohydrochloride of polymer of N,N"-1,6-hexanediylbis[N'-cyanoguanidine] (EINECS 240-032-4) and hexamethylenediamine (EINECS 240-679-6) / Polyhexamethylene biguanide (monomer: 1,5-bis(trimethylen)-guanylguanidinium monohydrochloride))

Stoff/Zubereitung : Zubereitung

| Name des Inhaltsstoffs | EINECS | CAS | % | Einstufung |
|--|-----------|-------------|-----------|----------------|
| Alkohol Ethoxylate | | 111905-53-4 | 10 - 20 | Xi; R36/38 [1] |
| Fettalkoholethoxylate > 5EO | Polymer. | 146340-16-1 | 2 - 5 | Xi; R36/38 [1] |
| Fettalkoholethoxylate =/ < C15 en =/ < 5EO | 500-213-3 | 68439-50-9 | 2 - 5 | N; R50 [1] |
| Polyhexamethylenbiguanid Hydrochlorid | Polymer. | 27083-27-8 | 0.5 - 1.0 | Xn; R22 [1] |
| | | | | Xi; R41 |
| | | | | Xn; R22 |
| | | | | Xi; R41, R38 |
| | | | | R43 |
| | | | | N; R50/53 |

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Allgemeine Angaben

Aussehen

Physikalischer Zustand : Flüssigkeit.

Farbe : Gelb. [Hell]

Geruch : Aromatisch.

Wichtige Angaben zu Gesundheit, Sicherheit und Umwelt

pH : 2 bis 6.4 (100%)

Siedepunkt : >100 °C

Schmelzpunkt : Nicht verfügbar.

Flammpunkt : 100 °C (Geschlossener Tiegel)

Entzündbarkeit (Feststoff, Gas) : Nicht anwendbar.

Explosionseigenschaften : Nicht anwendbar.

Explosionsgrenzen : Nicht anwendbar.

Oxidationseigenschaften : Nicht verfügbar.

Dampfdruck : Nicht anwendbar.

Relative Dichte : 0.03 bis 1.05 g/cm³ (20 °C)

Löslichkeit : Nicht verfügbar.

Oktanöl-/Wasser-Verteilungskoeffizient : Nicht anwendbar.

Viskosität : Nicht verfügbar.

Dampfdichte : Nicht verfügbar.

Verdunstungsrate : Nicht anwendbar.

(Butylacetat = 1)

Abbildung 19: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt *P3-Paradigm 10* [URL 5]






2 Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen

· Chemische Charakterisierung

· Beschreibung:

Mischung aus nachfolgend in diesem Blatt beschriebenen Komponenten mit ungefährlichen Beimengungen.

· Gefährliche Inhaltsstoffe:

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|-------|
| CAS: 1310-58-3 EINECS: 215-181-3 | Kaliumhydroxid |  C; R 22-35 | 5-15% |
| CAS: 7681-52-9 EINECS: 231-668-3 | Natriumhypochloritlösung |  C,  N; R 31-34-50 | <5% |
| CAS: 3332-27-2 EINECS: 222-059-3 | Aminoxid |  Xi,  N; R 38-41-50 | <5% |

· Inhaltsstoffdeklaration gemäß DetergentienVO 648/2004

| | |
|--|------|
| Anionische Tenside, Phosphonate, Seife, Nichtionische Tenside, Polykarboxylate, Phosphate, Bleichmittel auf Chlorbasis | < 5% |
|--|------|

· Anwendungsbereich:

· Zusätzliche Hinweise:

Nur für gewerbliche Anwendung.

9 Physikalische und chemische Eigenschaften

· Allgemeine Angaben

| | |
|---------|------------|
| Form: | flüssig |
| Farbe: | gelblich |
| Geruch: | chlorartig |

· Zustandsänderung

Schmelzpunkt/Schmelzbereich: Nicht bestimmt.

Siedepunkt/Siedebereich: Nicht bestimmt.

· Flammpunkt: Nicht anwendbar.

· Selbstentzündlichkeit: Das Produkt ist nicht selbstentzündlich.

· Explosionsgefahr: Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich.

· Dampfdruck: Nicht anwendbar.

· Dichte bei 20°C: 1,17 g/cm³

· Löslichkeit in / Mischbarkeit mit

Wasser: vollständig mischbar

· pH-Wert: pH > 12.5

Abbildung 20: Ausschnitt aus Sicherheitsdatenblatt *EnduroChlor VE5* [URL 6]

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Heppenheim, den 17.08.2012

Johanna Dehnel